الثمن ٥ ريالات



● مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ● السنة التاسعة ● العدد الرابع والثلاثون ● ربيع آخر ١٤١٦هـ/ سبتمبر ١٩٩٥م

الطاقة الشمسية

(الجزء الأول)

● السخانات
● الطباخات
● المجففات

ISSN 1017 3056

منهـــــاج النشـــــر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :ـ

١ـ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ـ أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ـ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ـ أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥ـ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦ـ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧ـ المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويـــــات العـــــدد



السخانات الشمسية





المركزات الشمسية

الخلايا الشمسية

المراســــــلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـــ ٤٨٨٣٥٥٥

journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

العلوم والتقنية



* * *



قراءنا الأعزاء

إن الطاقة - بمختلف مصادرها - تلعب دوراً هاماً واساساً في تمكين الدول من التقدم والرقي ، كما تساهم في رفاهية الإنسان ، ومع حدوث التطور الصناعي في العصر الحديث زاد الطلب على مصادرها المختلفة وخصوصاً التقليدية منها ، مما أدي إلي إستنزاف بعض منها، إضافة الى الآثار السلبية التي نتجت عن إستخدامها ، كالتلوث البيئي ، وتدهور الغطاء النباتي للأرض ، والتصحر، ومن هذا المنطلق فقد بدأ التفكير - جدياً - في مصادر بديلة للطاقة ، ولعل أهم المجالات التي تطرق إليها العلماء في العقود الأخيرة هي مصادر الطاقة المتجددة مثل طاقة الرياح ، وطاقة المد والجزر ، وطاقة حرارة جوف الأرض ، والطاقة النووية ، والطاقة الشمسية ، وغيرها .

قراءنا الإعزاء

نظراً لأن الطاقة الشمسية وبفضل من الله دائمة لا تنضب ، ويمكن تحويلها إلى أنواع أخرى من الطاقة كالحرارية والكهربية والميكانيكية، ويمكن نقلها وتخزينها ، ونظراً لأنها تعد أنظف مصادر الطاقة على الإطلاق ، فقد تركزت الأبحاث والتجارب على تطوير وسائل الإستفادة منها ، وإيجاد الحلول العملية لأهم المشاكل التي تواجه إستخدامها لتغطية حاجة الإنسان ، وللحد من إستنزاف مصادر الطاقة التقليدية المهددة بالنضوب ، ومع أن تلك الأبحاث والدراسات قطعت أشواطاً لا بأس بها ، إلا أنها لم تصل إلى مستوى منافسة مصادر الطاقة الأخرى ، فكلفتها عالية ، وكفاءتها متواضعة ، خصوصاً في مجال توليد الطاقة الكهربائية مباشرة بوساطة الخلايا الكهروضوئية ، ومع ذلك فإن هناك أمل بأن المستقبل ، بإذن الله تعالى ، سيكون للطاقة الشمسية .

وفي عددنا هذا تغطية لمواضيع الجزء الأول من الطاقة الشمسية ، ويشتمل على المواضيع التالية : الطاقة الشمسية ، الإشعاع الشمسي، الخلايا الكهروضوئية ، السخانات الشمسية ، الطباخات الشمسية ، المجففات الشمسية ، الأطباق الشمسية ، تخزين الطاقة الشمسية ، بجانب ذلك سيجد القارىء الكريم الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تقديمها في كل عدد كمواد علمية متنوعة .

وختاماً ، نأمل أن نكون قد حققنا هدفنا ، وهو إرضاء رغباتكم وتطلعاتكم ، كما نأمل أن تصلنا آراؤكم وإقتراحاتكم بإستمرار .

والله من وراء القصد ،،،

العلوم والتقنية

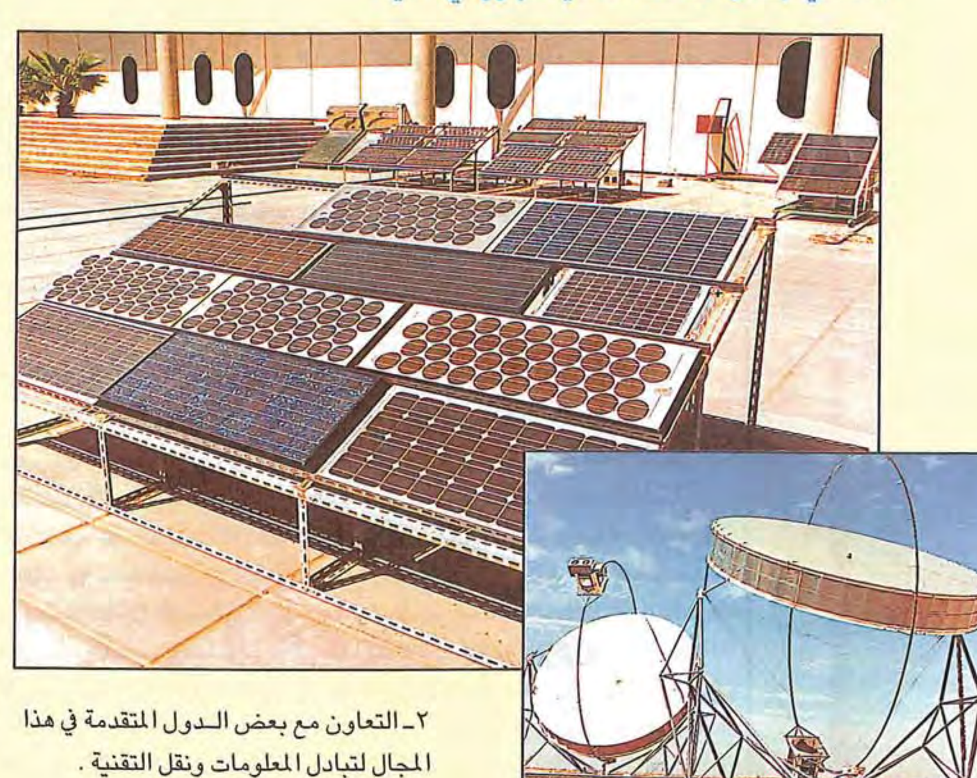


* * *



برامج بحوث الطاقة الشمسية
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

تمثل الطاقة بمختلف أشكالها الركيزة الاساس لعملية التنمية مما يستوجب معه البحث عن مصادر متجددة للطاقة ، ومن أهم تلك المصادر الطاقة الشمسية ، واستشعاراً لاهميتها كمصدر للطاقة في المستقبل ، فقد بدأت المملكة العربية السعودية في إدخال وتطبيق وتطوير تقنية الطاقة الشمسية . وتعد مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية الهيئة الرائدة في مجال تطوير البحوث العلمية والتطبيقية من خلال معاهدها وإداراتها المختلفة وتمثل برامج بحوث الطاقة الشمسية إحدى الأنشطة العلمية البارزة في المدينة.



أهداف البرامج

تتمثل أهم أهداف برامج بحوث الطاقة الشمسية في **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** فيما يلي :-

١- إجراء البحوث العلمية والتطبيقية في مجال الطاقة الشمسية وإمكانية تعميم تطبيقاتها في المدن والمناطق النائية .

٢- التعاون مع بعض الدول المتقدمة في هذا المجال لتبادل المعلومات ونقل التقنية .

٣- مسح وتصنيف مناطق المملكة من حيث توفر الإشعاع الشمسي .

٤- إستخدام الطاقة الشمسية في الصناعة وإيجاد التطبيقات ذات الجدوى الإقتصادية .

٥- عقد الحلقات الدراسية والدورات التدريبية لتطوير الموارد الطبيعية والبشرية في مجال الطاقة الشمسية .

وتحقيقاً لأهداف المدينة الرئيسة وخاصة فيما يتعلق بدعم وتشجيع البحث العلمي للأغراض التطبيقية وبما يتناسب مع متطلبات التنمية في المملكة فقد تم تنفيذ برامج ومشاريع عديدة من أهمها البرنامج الوطني لبحوث الطاقة الشمسية المتمثلة نشاطاته فيما يلي :-

* إنشاء وتجهيز المختبرات العلمية ومن أهمها مختبرات تجريب المجمعات الحرارية الشمسية ، والمجمعات الكهروضوئية ، كما تم تجهيز مختبرات خاصة بالتحكم الآلي والمراقبة المستمرة.

* إستخدام الطاقة الشمسية في المناطق النائية ومدى جدواها أقتصادياً ، ومن أهم النشاطات البحثية مشروع نظم إنارة الأنفاق في المناطق النائية ، حيث تم إدخال تقنية الإنارة الكهروضوئية إلى المناطق النائية وذلك بإنارة نفقين مروريين في منطقة جبلية في جنوب المملكة بقدرة كهروضوئية ٤٨٫٧ كيلو وات للنفق الأول و ٥٨٫٣ كيلو وات للنفق الثاني .

* إستغلال الطاقة الشمسية في نظم الإتصالات والأحمال الكهربائية المنخفضة : ومن اهم المشاريع البحثية فى هذا المجال إستخدام الطاقة الشمسية (الكهروضوئية) في تغذية الدوائر الإلكترونية كتشغيل نظامي عدّاد مرور السيارات على طريق جدة – مكة المكرمة ، قدرة كل منهما ١٫٦ كيلو وات كهروضوئي، كما تم تشغيل نظامي قياس سرعة السيارات على طريق الطائف – مكة المكرمة ، قدرة كل منهما ١٫٣ كيلو وات . أما بالنسبة للنظم الكهروضوئية منخفضة القدرة فقد استخدمت في مجال تشغيل نظم الإشارات التحذيرية المرورية بقدرة ٧٠٠ وات في منطقتي شمال وغرب الرياض ، وتغذية عشر إشارات ضوئية في الطرق السريعة بالقرب من مطار الظهران بقدرة ٢٦٫٣ كيلو وات .

* بحوث الإختبارات الكهروضوئية طويلة

الأمد ومدى تأثرها بالظروف الجوية، وإختبار تقنية الملاحقة المحورية بمساعدة الحاسب الآلي، ونظام جمع البيانات التخزيني.

برنامج التعاون الدولي

تقوم المدينة بتنفيذ عدد من البرامج التعاونية في مجال الطاقة الشمسية مع كل من الولايات المتحدة الأمريكية وألمانيا الاتحادية.

ويتمثل التعاون المشترك مع الولايات المتحدة الأمريكية في مشاريع وتطبيقات الطاقة الشمسية (سوليراس) ومشاريع بحوث الطاقة المتجددة. أما مع ألمانيا الإتحادية فيتمثل في مشروع المحركات الشمسية المتقدمة (الطبق الشمسي الحراري) وبرنامج إنتاج الهيدروجين (برنامج الهايسولار).

ويمكن هنا إيجاز أهم المشاريع المنفذة ضمن برنامج التعاون الدولي المشترك فيما يلي :-

* إستخدامات الطاقة الشمسية في المدن والمناطق النائية وقد تُوجت ببناء اكبر محطة أبحاث للطاقة الشمسية في العالم في ذلك الوقت ١٤٠٤/١٤٠٥هـ (١٩٨٦م) حيث بلغت قدرتها ٣٥٠ كيلو وات، وما زال هذا المشروع يعمل حتى الآن مع إنخفاض نسبي بقدرة التوليد تصل إلى ٢٥٪ تقريباً.

* إستخدامات الطاقة الشمسية في مشروع الإختبار الحلقي لهندسة التبريد بالطاقة الشمسية حيث وصلت القدرة المركبة إلى ١٤٠ كيلو وات.

* إستخدامات الطاقة الشمسية في الصناعة بهدف تطبيقها في القطاع الصناعي وتمثل ذلك في مشروع تحلية المياه بالطاقة الشمسية في ينبع.

* تنفيذ مشروع الأطباق الشمسية بقدرة ١٠٠ كيلو وات، وقد ساعد هذا المشروع على دراسة طرق التحكم والتشغيل وتحليل نتائجها الآنية.

* تنمية الموارد الطبيعية والبشرية وخاصة في مجال تبادل الخبرات وتنظيم الدورات والحلقات الدراسية وقد تم التعاون مع عدد من جامعات المملكة، مثل عَقْد حلقة متخصصة بالتبريد في **جامعة الملك فهد للبترول والمعادن** بالظهران، وحلقة خاصة عن تخزين الطاقة الشمسية في **جامعة الملك عبدالعزيز** بجدة، وحلقة أخرى عن تبريد وتدفئة المباني التجارية والصناعية والسكنية في **جامعة الملك سعود** بالرياض.

* تقويم بعض موارد الطاقة المتجددة، مثل الطاقة الشمسية (١٩٨٣م) والرياح (١٩٨٦م).

* إستخدامات الطاقة الشمسية في تطبيقات عملية مختلفة منها: سخانات الماء الشمسية، والمقطرات الشمسية، وتجفيف المنتجات الزراعية، ومضخات المياه الشمسية، ومحطات القدرة الصغيرة، والتبريد السلبي والإيجابي الفَعال في المباني (تقنية العمارة الشمسية).

* إستخدامات الطاقة الشمسية في إنتاج الهيدروجين (الهايسولار) بقدرة ٣٥٠ كيلو وات (١٩٨٦م)، وقد تم بنجاح إنتاج غاز الهيدروجين بالطاقة الشمسية بمعدل ٧٥متر مكعب هيدروجين في الساعة تحت الضغط العادي، وذلك في محطة أبحاث القرية الشمسية، كما تم تطوير إستخدامات الهيدروجين متمثلة بإنشاء مختبر خلايا الوقود حيث تم تصنيع عدد من خلايا الوقود من مواد متوفرة محلياً، بقدرة تصل إلى ١٠٠وات و٢٥٠وات و١كيلووات. كما تم أيضاً دراسة وتطوير إستخدامات الهيدروجين في تطبيقات منزلية وصناعية وزراعية كمصابيح الإنارة والمولدات والمحركات وغيرها.

الخطة المستقبلية

بناءً على التجارب الميدانية السابقة تم وضع خطة مستقبلية طموحة خاصة بنشاطات وبحوث الطاقة الشمسية تشمل البرامج التالية :-

١ـ برنامج المباني الشمسية : ويهدف إلى إستخدام بعض التقنيات المتاحة لإستغلال الطاقة الشمسية في القطاعين السكني والتجاري.

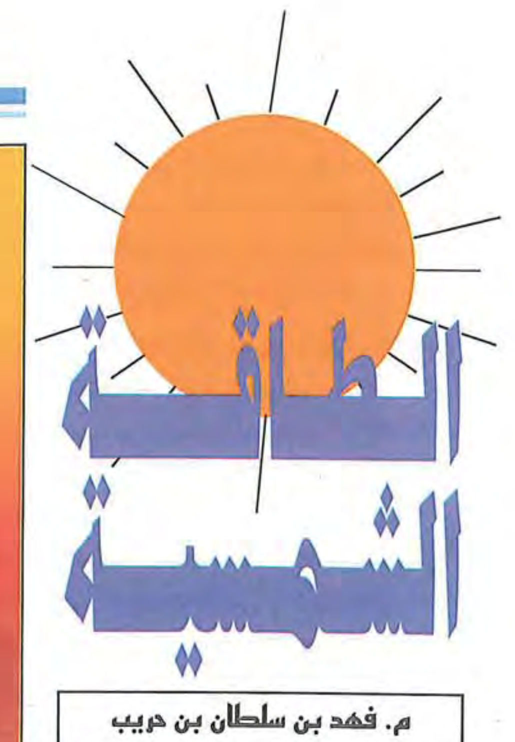
٢ـ برنامج الطاقة الشمسية : ويهدف إلى تطوير إستغلال الطاقة الشمسية بوصفها إحدى مصادر الطاقة المتجددة في المملكة، والإستفادة ما أمكن من التجارب الماضية لتتضمن مشاريع جديدة مثل تطبيقات الطاقة الشمسية في المناطق النائية، وإستخدام المجففات الشمسية، وتطوير الأطباق الشمسية، ونظم السخانات الشمسية بكافة أنواعها، وتحلية المياه، وإستخدام بعض طرق الربط الكهروضوئي بالشبكة الرئيسة للكهرباء.

٣ـ برنامج طاقة الهيدروجين : ويهدف إلى تطوير طاقة الهيدروجين نحو إيجاد مصدر طبيعي للطاقة في المستقبل، وهذا البرنامج يتضمن مشاريع تطوير توليد الهيدروجين بالطاقة الشمسية وتطوير خلايا الوقود بقدرات كهربائية مختلفة.

٤ـ برنامج إقتصاديات الطاقة الشمسية : ويهدف إلى دراسة سبل الإستغلال التجاري للطاقة الشمسية ونظمها التطبيقية، كما يشمل دراسة الجدوى الإقتصادية لتصنيع الخلايا الكهروضوئية من مواد متوفرة محلياً، وإيجاد أمثل الطرق التقنية الملائمة للمملكة.

٥ـ برنامج مسح مصادر الطاقة الشمسية: ويهدف إلى جمع وتحليل وتوثيق البيانات الخاصة بالطاقة الشمسية، بإستخدام قواعد معلومات مطوّرة. ويتضمن مشاريع عدة أهمها الأطلس الشمسي السعودي.

٦ـ برنامج معلومات الطاقة : وهدفه الرئيس بناء قواعد المعلومات المتخصصة في مجال الطاقة عامة والطاقة الشمسية خاصة، ومن أهمها مشروع السجل الوطني لمشاريع الطاقة الشمسية والمتجددة في المملكة.





الطاقة الشمسية

م. فهد بن سلطان بن حريب

خلق الله الشمس والقمر كآيات دالة على كمال قدرته وعظيم سلطانه ، وجعل شعاع الشمس مصدراً للضياء على الأرض وجعل الشعاع المعكوس من سطح القمر نوراً . يقول الله تعالى في كتابه العزيز ﴿ هو الذي جعل الشمس ضياء والقمر نوراً وقدره منازل لتعلموا عدد السنين والحساب ماخلق الله ذلك إلا بالحق يفصل الآيات لقوم يعلمون ﴾ يونس ، الآية (٥) . فالشمس تجري في الفضاء الخارجي بحساب دقيق حيث يقول الله سبحانه وتعالى في سورة الرحمن ﴿ الشمس والقمر بحسبان ﴾ الرحمن ، الآية (٥) . أي أن مدار الأرض حول الشمس محدد وبشكل دقيق ، وأي اختلاف في مسار الأرض سيؤدي إلى تغيرات مفاجئة في درجة حرارتها وبنيتها وغلافها الجوي ، وقد تحدث كوارث إلى حد لايمكن عندها بقاء الحياة ، فقدرة الله تعالى وحدها جعلت الشمس الحارقة رحمة ودفئاً ومصدراً للطاقة حيث تبلغ درجة حرارة مركزها حوالي (٨° - ٤٠°) × ١٠ ٦ درجة مطلقة (كلفن) ثم تتدرج درجة حرارتها في الإنخفاض حتى تصل عند السطح إلى ٥٧٦٢° مطلقة (كلفن).

ويمكن تشبيه الشمس فيزيائياً كإشعاع الجسم الأسود الذي تنبعث منه موجات الإشعاع الكهرومغناطيسي حاملاً الطاقة الموزعة طيفاً ، أي تسير شدتها مع طول الموجة . فالشمس ليست مصدراً للضوء في النهار ونور القمر في الليل فحسب ، وإنما هي مصدر الطاقة المخزونة في النفط والفحم والغاز الطبيعي والتي تجمعت على مدى آلاف بل ملايين السنين ، كما أن الشمس هي مصدر الطاقات المتجددة الأخرى كطاقة الرياح والمساقط المائية والكتلة الحيوية العضوية وأمواج البحار وحرارة المحيطات وغيرها .

وبدون الشمس ستصل درجة حرارة المباني إلى ٢٤٠° مئوية تحت الصفر ، وبدون الشمس ستكون السماء سوداء دائماً . يقول الله تعالى ﴿ **وسخر لكم الليل والنهار والشمس والقمر والنجوم مسخرات بأمره إن في ذلك لآيات لقوم يعقلون** ﴾ النحل ، الآية (١٢) .

فالشمس هي مصدر هائل للطاقة يجب دراسته والاستفادة منه خاصة أن المصادر التقليدية للطاقة قابلة للنضوب يوماً ما .

يتناول هذا المقال مقدمة عامة في الطاقة الشمسية : مصدرها ، تحويلها ، واستغلالها ، كما سيتم التطرق باختصار إلى الدور الهام الذي تقوم به **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** في هذا المجال.

إستخدام الطاقة الشمسية

استفاد الإنسان منذ القدم من طاقة الإشعاع الشمسي مباشرة في تطبيقات عديدة كتجفيف المحاصيل الزراعية وتدفئة المنازل ، كما استخدمها في مجالات أخرى وردت في كتب العلوم التاريخية ، فقد أحرق **أرخميدس** الأسطول الحربي الروماني في حرب عام ٢١٢ ق.م عن طريق تركيز الإشعاع الشمسي على سفن الأعداء بواسطة المئات من الدروع المعدنية . وفي العصر البابلي كانت نساء الكهنة يستعملن آنية ذهبية مصقولة كالمرايا لتركيز الإشعاع الشمسي للحصول على النار . كما قام علماء أمثال **تشرنهوس وسويز ولافوازييه وموتشوت وأريكسون وهاردنج** وغيرهم باستخدام الطاقة الشمسية في صهر المواد وطهي الطعام وتوليد بخار الماء وتقطير الماء وتسخين الهواء . كما أنشئت في مطلع القرن الميلادي الحالي أول محطة عالمية للري بوساطة الطاقة الشمسية كانت تعمل لمدة خمس ساعات في اليوم وذلك في المعادي قرب القاهرة . لقد حاول الإنسان منذ فترة بعيدة الاستفادة من الطاقة الشمسية

وإستغلالها ولكن بقدر قليل ومحدود ، ومع التطور الكبير في التقنية والتقدم العلمي الذي وصل إليه الإنسان فُتحت آفاقاً علمية جديدة في ميدان استغلال الطاقة الشمسية .

أهمية الطاقة الشمسية

إن دراسة بنية وطبيعة الشمس تساعد على تحديد طبيعة الطاقة التي تشعها إلى الفضاء ، فالشمس عبارة عن كرة غازية ملتهبة (تفاعل نووي حراري) تتكون من ٨٠٪ هيدروجين ، و١٩٪ هيليوم ، و١٪ عناصر أخرى ، ويبلغ قطر هذه الكرة ١,٣٩ × $١٠^{٦}$ كيلو متر ، وتبعد عن سطح الأرض بمسافة مقدارها ١,٥ × $١٠^{٨}$ كيلو متر ، كما تقدر كثافتها بين ٨٠ ــ ١٠٠ ضعف كثافة الماء ، وعلى هذا الأساس يتدفق من الشمس كل يوم كميات هائلة من الطاقة تقدر بالقيمة ٣,٨ × $١٠^{٢٣}$ كيلووات وذلك حسب علاقة **اينشتاين** المعروفة (الطاقة = الكتلة × مربع سرعة الضوء) . وإذا أخذنا بعين الاعتبار المسافة بين الأرض والشمس فإن كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى بداية الغلاف الجوي تعادل ١,٧ × $١٠^{١٤}$ كيلووات .

وتمثل هذه القيمة مصدراً كبيراً للطاقة يمكن أن يفي باحتياجات البشرية على سطح الأرض . تستقبل الأرض الطاقة الشمسية بشكل أمواج كهرومغناطيسية تحتوي أشعة فوق بنفسجية وأشعة مرئية وأشعة فوق الحمراء وغيرها . ويعرف الثابت الشمسي بأنه الكمية المتوسطة للإشعاع الشمسي والمحيطة بسطح الأرض (قبل دخوله الغلاف الجوي) خلال وحدة الزمن والمقطع ، وتساوي ١٣٥٣ وات /$م^{٢}$ ، وعند مستوى الأرض تصبح قيمته بين الصفر و١٠٠٠وات/$م^{٢}$ ، مكونة من إشعاع مباشر (عمودي) وإشعاع غير مباشر (مبعثر) ، ويعود السبب في ذلك إلى وجود عوائق في المسار الجوي لهذه الأشعة تحول دون وصولها إلى الأرض .

تعتمد كمية الطاقة الشمسية الساقطة في مكان ما على عوامل كثيرة منها الموقع الجغرافي وتحديد الوقت خلال النهار وفصول السنة ودرجة شفافية أو نقاوة الحالة الطبيعية للهواء ، وكذلك تعين التغير في درجات الحرارة والرطوبة بالإضافة إلى سرعة الرياح ، وتعد هذه العوامل من العوامل الأساس المؤثرة في الطاقة الشمسية .

بالإضافة لما ذكر تمتاز الطاقة الشمسية بالمقارنة مع مصادر الطاقة الأخرى بما يلي :ـ

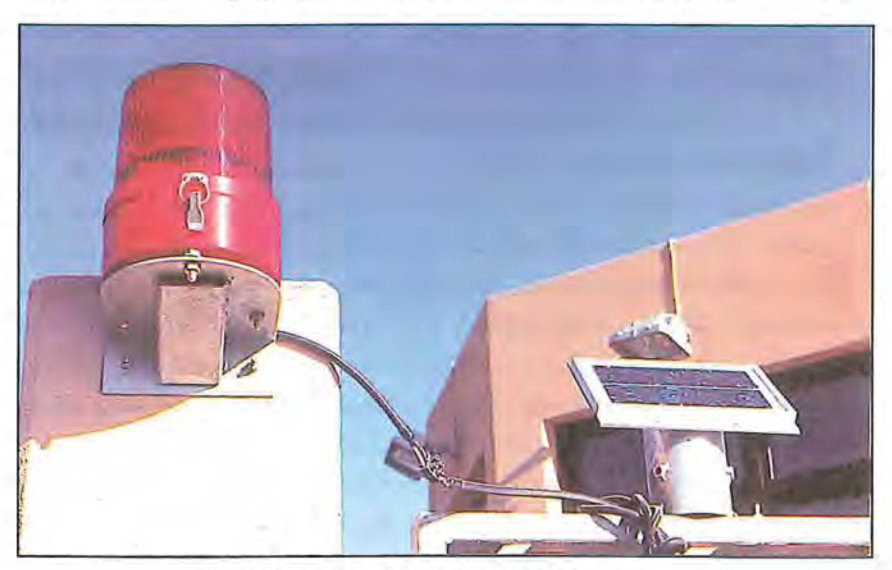
١ـ إن التقنية المستعملة فيها تبقى بسيطة نسبياً وغير معقدة بالمقارنة مع التقنية المستخدمة في مصادر الطاقة الاخرى .

٢ــ توفر عامل الأمان البيئي حيث أن الطاقة الشمسية هي طاقة نظيفة لاتلوث الجو ولاتترك فضلات مما يكسبها وضعاً خاصاً في هذا المجال وخاصة في القرن القادم .

تحويل الطاقة الشمسية

يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وطاقة حرارية من خلال آليتي التحويل الكهروضوئي والتحويل الحراري للطاقة الشمسية ، ويقصد بالتحويل الكهروضوئي تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بوساطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية)، وكما هو معلوم هناك بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئي تدعى أشباه الموصلات كالسيليكون والجرمانيوم وغيرها . وقد تم اكتشاف هذه الظاهرة من قبل بعض علماء الفيزياء في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي حيث وجدوا أن الضوء يستطيع تحرير الإلكترونات من بعض المعادن ، كما عرفوا أن الضوء الأزرق له قدرة أكبر من الضوء الأصفر على تحرير الالكترونات وهكذا . وقد نال العالم **اينشتاين** جائزة نوبل في عام ١٩٢١م لاستطاعته تفسير هذه الظاهرة .

وقد تم تصنيع نماذج كثيرة من الخلايا الشمسية تستطيع إنتاج الكهرباء بصورة عملية ، وتتميز الخلايا الشمسية بأنها لاتشمل أجزاء أو قطع متحركة ، وهي لاتستهلك وقوداً، ولاتلوث الجو ، وحياتها طويلة ، ولاتتطلب إلا القليل من الصيانة . ويتحقق أفضل استخدام لهذه التقنية تحت تطبيقات وحدة الإشعاع الشمسي (وحدة شمسية) أي بدون مركزات أو عدسات ضوئية ، ولذا يمكن تثبيتها على أسطح المباني ليستفاد منها في إنتاج الكهرباء ، وتقدر عادة كفاءتها بحوالي ٢٠٪ ، أما الباقي فيمكن الاستفادة منه في توفير

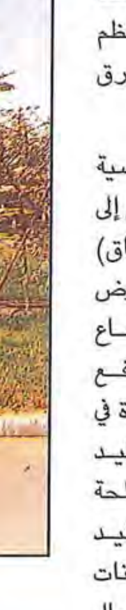


● شكل (١) تطبيقات الطاقة الشمسية في الإنارة .

الحرارة للتـدفئـة وتسخين الميـاه . كما تستخدم الخلايـا الشمسية في تشغيـل نظم الاتصـالات المختلفـة وفي إنـارة الطـرق والمنشآت وفي ضخ المياه وغيرها .

أما التحويل الحراري للطـاقة الشمسية فيعتمـد على تحويـل الإشعـاع الشمسي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات (الأطباق) الشمسيـة والمواد الحراريـة. فـإذا تعـرض جسـم داكـن اللون ومعـزول إلى الإشعـاع الشمسي فـإنـه يمتص الإشعـاع وتـرتفـع درجة حـرارته. يستفاد مـن هذه الحرارة في التـدفئـة والتبريد وتسخين الميـاه وتـوليـد البخار . كما تستخدم في تحلية المياه المالحة وتجفيـف المحـاصيـل الزراعيـة في تـوليـد الكهرباء وغيرها. وتعـد تطبيقات السخانات الشمسيـة هـي الأكثـر انتشـاراً في مجال التحـويل الحراري للطـاقة الشمسيـة . يلي ذلك مـن حيث الأهمية المجففـات الشمسية التـي يكثـر استخدامهـا في تجفيـف بعـض المحاصيـل الزراعيـة مثل التمـور وغيرها ، كذلك يمكـن الاستفادة من الطاقـة الحرارية في طبـخ الطعـام ، حيـث أن هنـاك أبحـاث تجرى في هذا المجـال لإنتاج معـدات للطهي تعمـل داخل المنـزل بـدلاً مـن تكبد مشقـة الجلوس تحت أشعة الشمس أثناء الطهي .

ورغـم أن الطاقـة الشمسيـة قد أخـذت تتبوأ مكـانة هـامة ضمـن البدائل المتعلقـة بالطـاقة المتجـددة ، إلا أن مدى الاستفـادة منها يرتبط بوجـود أشعة الشمس طيلةوقت الاستخدام أسوة بـالطاقة التقليديـة ، وهذا بـالطبع لايمكـن لاحتجاب الشمـس لفترات خلال اليـوم وبسبب العوامـل الجوية ، كما أن الكميـة المتوفـرة أثنـاء النهـار قد تفـوق ماهـو مطلوب أثناء تلك الفترة . وعليـه يبدو أن المطلوب مـن تقنيات بعـد تقنية وتطـوير التحـويـل الكهـربي والحراري للطـاقـة الشمسيـة هو تقنيـة تخزيـن تلـك الطاقـة للاستفادة منها أثناء فترة إحتجاب الإشعاع الشمسي . وهنـاك عـدة طرق تقنية لتخـزين الطاقة الشمسية سيتنـاولها مقال « تخزين الطـاقـة الشمسيـة » تشمـل التخـزيـن الحراري والكهـربـائي والميكـانيكـي والكيميائي والمغناطيسي .



● شكل (٢) تطبيقات الطاقة الشمسية في ضخ المياه .

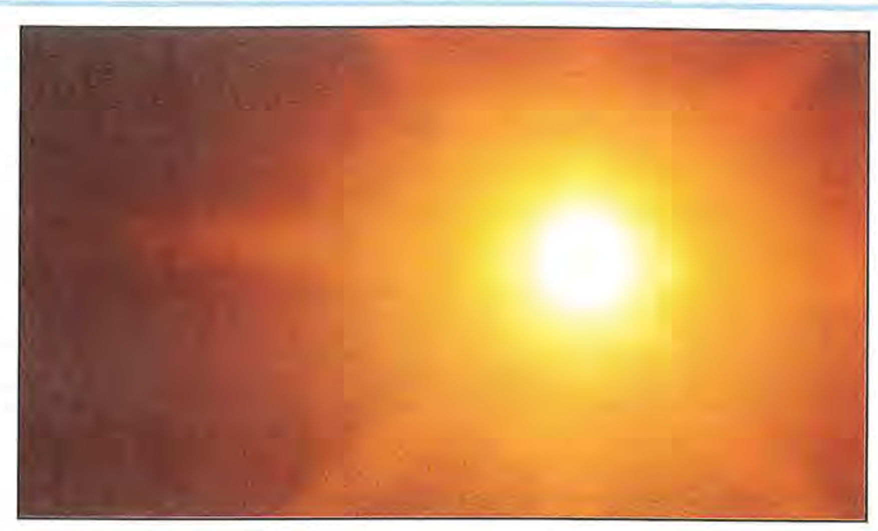
وتعد بحـوث تخزين الطاقـة الشمسية مـن أهـم مجالات التطـويـر الـلازمـة في تطبيقات الطـاقة الشمسية وانتشـارها على مدى واسـع ، حيث أن الطاقة الشمسية رغم أنها متـوفرة إلا أنها ليسـت في متناول اليـد وليست مجانيـة بالمعنى المفهوم ، فسعـرها الحقيقـي عبـارة عن المعـدات المستخـدمـة لتحويلهـا من طـاقة كهـرومغناطيسيـة إلى طاقة كهربائية أو حـرارية ، وكذلك تخزينها إذا دعت الضرورة . ورغم أن هـذه التكاليف حالياً تفوق تكلفة إنتـاج الطاقة التقليدية إلا أنها لاتعطـي صورة كـافيـة عن مستقبلهـا بسبـب أنها آخذة في الانخفـاض المتواصـل بفضل البحوث الجارية والمستقبلية .

الطاقة الشمسية في المملكة

تعـد المملكة مـن أوفر البـلاد حظاً مـن الأشعـة الشمسيـة التـي تمثـل بحـد ذاتها إحـدى الثـروات الطبيعيـة التـي يجب الاستفادة منهـا في تنمية البلاد حيث تقدر بحـوالي ٢٠,٠٠٠ كيلـووات سـاعـة/م٢ سنويـاً ، بالإضافة إلى مـاسبق فإنه تـوجد بالمملكـة مجمعات قـروية صغيرة متفـرقة ومتباعـدة وأنه قد يتعذر لأسبـاب عملية أو اقتصـاديـة ربـط هـذه القـرى بـالشبكـة الرئيسة للكهربـاء ، لذا فإن الحل المنطقي في هـذه الحالـة هـو استغـلال الطـاقـة الشمسيـة في هـذه المجمعات النائيـة .

تبنت مدينة **الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** كهيئة حكـومية بحـوثاً تطبيقيـة هامة في مجال الطاقة الشمسية منذ عقدين ، كما بذلت جهوداً طيبـة في سبيل نقل تقنيتها إلى المملكـة من خـلال مشاريعهـا الميدانيـة محلياً وضمن برامج التعـاون الدولي مع كل مـن الولايـات المتحـدة الأمـريكية وألمانيـا الاتحادية . ورغم تـوفر الطاقة التقليـدية في المملكة بسعر رخيص نتيجـة لوفرة البترول فإن ذلـك لم يمنع الدخـول في تطويـر تقنية الطـاقـة الشمسية وإيجاد النظـم الملائمـة لبيئـة المملكة ، وقـد نشرت المدينـة أبحاثـاً مختلفة في الطـاقة الشمسية داخـل وخارج المملكة ، وقـد نتجت الأبحـاث عن مشـاريع محليـة في مجال الطـاقـة الحراريـة والكهروضوئية للطاقة الشمسية .

ومقارنة بالمملكة فـإن استخدام الطاقة الشمسيـة في العـالم مـازال محدوداً ومقصوراً على الجامعات ومـراكز البحوث ، ولم ينتشر استعمـال الطاقة الشمسيـة إلا في المناطق النائية ، فـالعامل الاقتصادي كما هـو معلـوم هـو عنصر أسـاس في استخدام ينبـوع الطاقـة ، حيـث أنـه فـي حالته الخام لايمكن استعمالـه مباشرة ، لذا فـإن إمكانيـة تحويلـه إلى طـاقة مفيـدة صالحـة للاستعمـال كحرارة ، أو كهـرباء أو طـاقة ميكـانيكيـة بتلكفـة أقل مـن أي مصدر آخر تبدو ممكنة .



الإشعاع الشمسي

م. محمد بن يسلم محفوظ

الشمس هي إحدى مخلوقات الله سبحانه وتعالى المسخرة بأمره للإنسان حيث قال تعالى « وسخر لكم الليل والنهار والشمس والقمر والنجوم مسخرات بأمره إن في ذلك لآيات لقوم يعقلون » الآية ١٢ سورة النحل . وهي عبارة عن نجم متوهج ، ويعتقد علماء الفيزياء ، والله أعلم ، أن بداية تكوّن الشمس حدثت منذ أزمان بعيدة بتجمع ذرات الهيدروجين على شكل سحب تحت تأثير قوى تجاذبيه فكانت تلك السحب نواة للشمس .

واستمر التجاذب بين ذرات الهيدروجين فتقلصت حتى أصبح الضغط ودرجة الحرارة الناتجان عن التقلص كافيين لإشعال تفاعلات حرارية — نووية اندمجت فيها بعض نوى غاز الهيدروجين لتكوِّن نوى غاز الهيليوم ، ونتجت عن هذه العملية الإندماجية (Fusion Process) كمية كبيرة من الطاقة تقدر قدرتها بـ ٣٠٩×١٠^٢٠ ميجاوات تشع باستمرار في كل الإتجاهات على شكل موجات كهرمغناطيسية .

وبقدرة الله سبحانه وتعالى تدور الأرض حول الشمس على مسافة يبلغ متوسطها ١٤٩,٥ مليون كم مما يجعلها آمنة من تأثير ذلك القدر الهائل من الطاقة الإشعاعية . وتكمل الأرض دورتها حول الشمس في سنة واحدة ينتج عنها الفصول الأربعة الشتاء والربيع والصيف والخريف، وخلال دورانها حول الشمس فان الأرض تدور حول محورها الذي يميل على محور مستوى مدارها حول الشمس بزاوية ٢٣,٤٥ درجة لتكمل الدورة في ٢٤ ساعة تقريباً ينتج عنها تعاقب الليل والنهار .

الأشعة خارج الغلاف الجوي

ترسل الشمس أشعتها على شكل تيار من الجسيمات تدعى الفوتونات (Photons) تنطلق بسرعة الضوء على شكل موجات مستعرضة (Transverse Waves) حيث يكون لكل فوتون طول موجي (l) وكمية من الطاقة تتناسب عكسياً مع الطول الموجي وذلك حسب نظرية بلانك التي توضح بالمعادلة الآتية :

$$E = hc / l$$

حيث E = كمية الطاقة الناتجة

و h = ثابت بلانك = ٦,٦٢٥ × ١٠^-٣٤ جول ثانية

c = سرعة الضوء = ٣ × ١٠^١٤ ميكروميتر / ثانية

ويمكن كتابة المعادلة كالآتي :

$$E = h g$$

حيث g = (c / l) ، وتمثل عدد تردد الإشعاع في الثانية (هيرتز)

وعليه يزداد التردد للموجات القصيرة حيث أن الفوتونات ذات التردد الكبير (موجات قصيرة) تعد أكثر طاقة من الفوتونات ذات التردد الصغير (موجات طويلة) .

وتنطلق الإشعاعات الشمسية على شكل حزم موجية مختلفة الأطوال وتسمى الحزم الموجية بأسماء خاصة . مثل الضوء المرئي أو الإشعاع المرئي والذي له أطوال موجية بين ٠,٣٥ — ٠,٧٥ ميكروميتر . والأشعة تحت الحمراء (٠,٧٥ — ١٠٠ ميكروميتر) والأشعة الراديوية (أكثر من ١٠٠ ميكروميتر) ، أما الأشعة التي يقل طولها الموجي عن طول أمواج الضوء المرئي فتسمى بالأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة جاما كما في شكل (١) .

الطيف خارج الغلاف الجوي

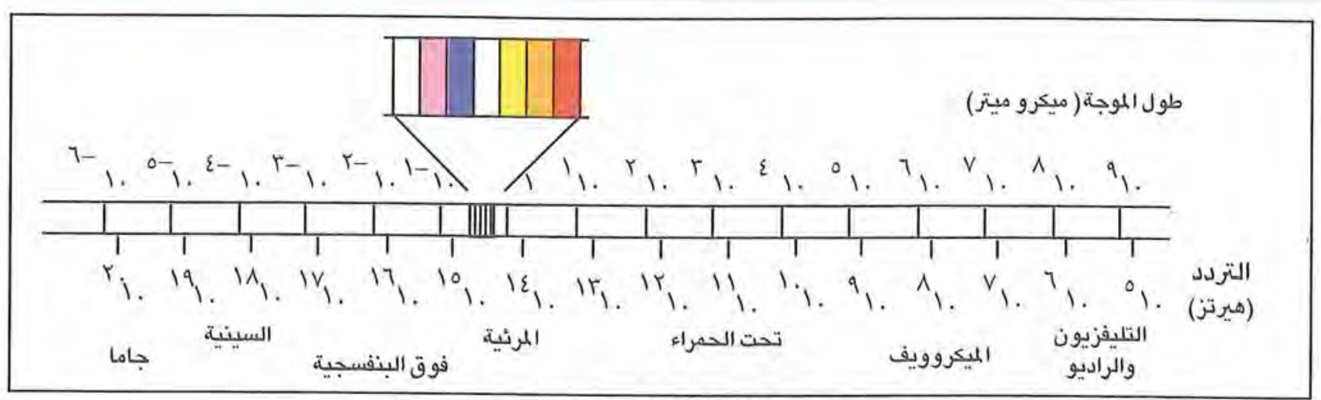
على الرغم من أن الإشعاع الشمسي الساقط على الغلاف الجوي يتكون من مدى عريض من الحزم الموجية إلا أن مايقارب ٩٨٪ منه يتكون من ثلاثة أنواع من الأشعة هي :-

١ - الأشعة فوق البنفسجية (٨٪) .

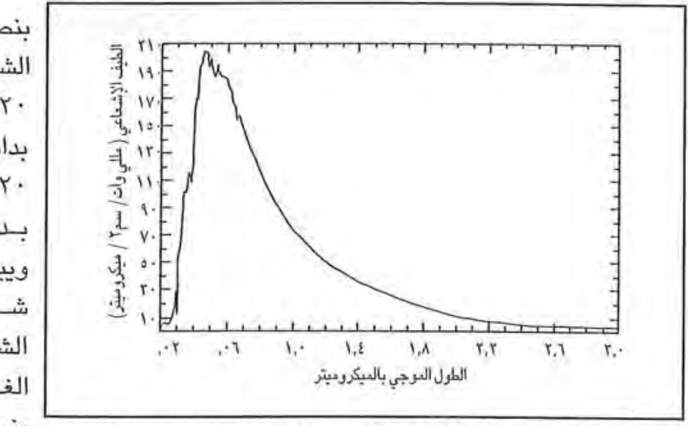
٢ - الأشعة المرئية (٤٧٪) .

٣ - الأشعة تحت الحمراء (٤٣٪) .

ويبين الشكل (٢) طيف الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي ، ويتضح من الشكل أن أعلى شدة للإشعاع تقع في مدى الضوء المرئي .



● شكل (١) مكونات الإشعاع الشمسي .



● شكل (٢) طيف الإشعاع الشمسي بين ٠,٢ و ٣,٠ ميكروميتر .

الثابت الشمسي (Solar Constant) هو كمية الأشعة الشمسية التي تسقط عمودياً على وحدة المساحة في وحدة الزمن ، والمقاسة مباشرة ــ لكل الطيف الشمسي ـ خارج الغلاف الأرضي عندما تكون الأرض على مسافة متوسطة من الشمس ، وتبلغ قيمته ١٣٧٢ وات / م٢ .

ويمكن قياس الثابت الشمسي بجهاز دقيق جدا يسمى مقياس التجويف المطلق للإشعاع (Absolute Cavity Radiometer) ، ويُحمل هذا الجهاز على المركبات الفضائية أو الأقمار الصناعية حيث ينعدم (تقريباً) تأثير الغلاف الجوي للأرض .

تتغير شدة الإشعاع الشمسي بتغير المسافة بين الشمس (مصدر الإشعاع) والأرض (موضع رصد الإشعاع) وبالأخذ في الإعتبار تغير المسافة بين الأرض والشمس خلال السنة فإن شدة الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي بنصف الكرة الشمالي تتغير من ١٣٢٠ وات /م٢ في بداية شهر يوليو إلى ١٤٢٠وات /م٢ في بداية شهر يناير ويبين الجدول (١) شدة الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي بنصف الكرة الشمالي في الحادي والعشرين من كل شهر .

العوامل المؤثرة على الإشعاع

تتأثر شدة الإشعاع الشمسي قبل وصوله إلى الأرض بعاملين هما الغلاف الجوي والزاوية التي يسقط بها الإشعاع على الأرض ، وتتخذ أكثر المتغيرات التي تحدد هذين العاملين أسلوباً متناسقاً يمكن به توقع شدة الإشعاع في موقع معين من الأرض إعتماداً على مكانه من الكرة الأرضية والزمن (اليوم والشهر والسنة). فمثلاً إذا استبعدنا تأثير الغلاف الجوي فان شدة الإشعاع تعتمد على زاوية ميل الشمس عن الراصد في فترة زمنية محددة . وتأتي التغيرات غير المتوقعة في شدة الإشعاع في موقع معين من الأرض بسبب عوامل يصعب التحكم فيها مثل الطقس وخصائصه من حرارة وسحب ورياح وأمطار إلخ . عليه لا يمكن تقدير تأثير الطقس خلال يوم أو شهر لموقع معين إلا بعد رصد العوامل المؤثرة فيه (حرارة ، ورياح ، وأمطار)لعدة سنوات ومن ثم حساب متوسط هذه المعلومات لذلك اليوم أو الشهر في تلك الفترة .

الشهر	شدة الإشعاع (وات/م٢)	الشهر	شدة الإشعاع (وات/م٢)
يناير	١٤١٠	يوليو	١٣٣٠
فبراير	١٤٠٠	أغسطس	١٣٤٠
مارس	١٣٨٠	سبتمبر	١٣٦٠
أبريل	١٣٦٠	أكتوبر	١٣٨٠
مايو	١٣٤٠	نوفمبر	١٤٠٠
يونيو	١٣٣٠	ديسمبر	١٤١٠

● جدول (١) شدة الإشعاع الشمسي (وات/م٢) خارج الغلاف الجوي للأرض في يوم ٢١ من كل شهر ميلادي بنصف الكرة الشمالي .

الغلاف الجوي

يتكون الغلاف الجوي من عدة طبقات يصل سمكها إلى عدة كيلو مترات فوق سطح الأرض . وعندما تخترق الأشعة الشمسية هذه الطبقات فإن مسارها وكميتها ستتغير حسب مكونات كل طبقة وسمكها وذلك من خلال عوامل الإمتصاص والتشتت والإنعكاس . فغاز الأوزون مثلاً والموجود في الطبقة العليا من الغلاف الجوي على ارتفاع ٤٨كم من سطح الأرض يمتص تقريباً جميع الأشعة فوق البنفسجية . وهذه نعمة من نعم الله على عباده إذ لولا قدرة الله ثم وجود هذا الغاز لأصبحت الحياة على الأرض مستحيلة بسبب التأثيرات الضارة لهذه الأشعة ـ رغم

أنها تمثــل ٨٪ مـن الإشعاع الشمســي - التـي تتسبـب في سرطــان الجلـد وزيـادة حرارة الأرض .

إضــافة لغــاز الأوزون تلعـب مكونـات الغـلاف الجوي الأخــرى مثـل النيتروجين والأكسجين وبخــار الماء وثــاني أكسيــد الكربون وذرات الغبار دوراً كبيراً في تقليص الإشعــاع الشمسي الــذي يسقـط على الأرض وذلـك عـن طريـق الإمتصــاص والتشتـت والإنعكــاس . فبخار الماء يمكنـه أن يمتـص جـزء مـن الأشعـة تحت الحمـراء والأشعـة المرئيـة اعتماداً على كميته حيث أن قلتـه في الطبقـات العليا مـن الغلاف الجوي تجعلـه يمتص كميـة قليلة من تلك الأشعـة ، أما إذا زادت كميـة بخـار الماء وأصبـح على شكـل ذرات صغيرة فـإنـه بجـانـب امتصـاصـه للأشعـة الشمسية يتسبب في تشتتهـا بقدر كبير . وفي هـذه الحالة تتشتـت كميـة كبيرة من الأشعة ذات الموجات القصيرة (في نطاق اللـون الأزرق) وهي السبـب الذي يجعلنـا نرى السماء زرقاء اللـون . ويزداد التشتت بإزديـاد ذرات المـاء وتراكمــها على شـكل سحـب وغيوم يمكنها حجـب ٨٠ - ٩٠٪ من الإشعـاع الشمسي مسببــة انعكـاســه إلى الفضاء الخارجي .

كـذلك تـؤثـر مكـونات الغــلاف الجوي الأخـرى - ولكـن بقــدر أقل - في ظاهـــرة الإمتصــاص والتشتـت والإنعكــاس ، فمثـلا يتسبــب غــاز ثــاني أكسيــد الكـربــون والنيتروجين في امتصــاص كميـة قليلـة مـن الإشعاع الشمسي وكـذلك تتسبـب جزيئـات غــازات النيتروجين والجسيمات العـالقـة في تشتت وانعكاس جزء من الأشعة الشمسية .

ولا يمكـــن إهمال دور حجـــم الكتلـــة الهوائية (Air Mass) من الغــلاف الجوي بمكـوناتها المذكـورة ســابقاً فيما يصــل إلى الأرض مـــن إشعـــاع ، حيـــث إن حجـــم الإمتصاص والتشتت والإنعكـاس للإشعاع الشمسي يعتمـد على طول المســار الجوي أو سماكة الغلاف الجوي الذي يمـر من خلاله الإشعـاع ، وبـذلـك فـإن النقـص في كميـة الإشعـــاع الشمسي في بعــض المواقـــع على سطح الأرض لا يعتمد على مكـونات الغلاف الجوي فحسب بـل يعتمد كذلـك على ارتفاع ذلك الموقع عـن سطح البحر والزاويـة التي يصــل مـن خلالهـا الإشعـاع إلى الموقـع . ومـن أمثلة ذلـك فإن الأشعـة التي تسقـط بـزاوية تتعــرض لـلإمتصاص والتشتـت أكثر مـن الأشعة العموديـة - ويطلق مسمى كتلـة الـهواء (Air Mass) على مقيــاس المســار الجوي الـذي تمـر مـن خـلالـه الأشعة الشمسية .

وتبلـغ قيمة الكتلـة الهوائية واحـد (١) عنـدمـا تسقـط الأشعـة الشمسية بزاوية عمودية على الأرض عنـد مستوى سطـح البحر . وهي أقـل قيمة تصل إليهـا الكتلـــة الهوائيـــة وتتحقـــق فقـط حوالـــي الثـانية عشر ظهـراً . ويوضح الشـكل (٣) اختلاف قيمـة الكتلـة الهوائيـة بـاختـلاف ســاعـات النهـار والشهـور (الخامس والعشرون من كل شهـــر) خلال السنة في موقـع بزاويـة عرض ٤٠ْ شمــالاً .

● شكل (٣) تغير الكتلة الهوائية خلال ساعات النهار ولأيام مختلفة خلال السنة .

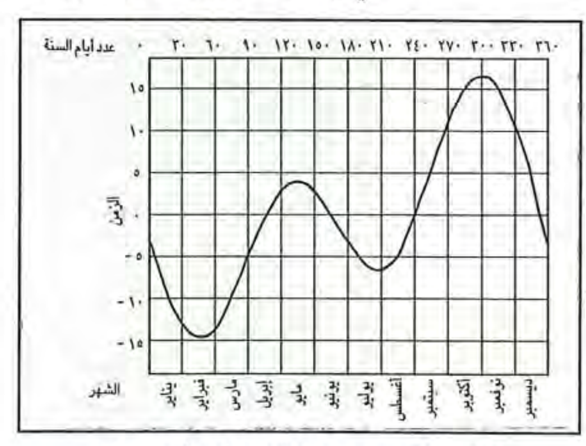
زوايا سقــوط الأشعــة

يتأثـر مستوى الإشعـاع الشمسي الذي يصــل إلى الأرض بحـركــة دوران الأرض اليـوميـة حول محورهـا وحـركـة دورانها السنـوية حـول الشمـس . حيث أن هـاتين الحركتين تحـددان الزاويــة التي يسقــط بها الإشعـــاع الشمســي على مـوقـع معين مـن الأرض .

ويتـم تحديـد حركـة مـوقـع معين على الأرض (لأن الأرض هـي التي تـدور حـول الشمـس) بـالنسبة إلى الشمـس بـزاويتين تتغيران بـاستمــرار هما زاويـة الشمـــس الساعية (Sun Hour Angle) ، وزاوية ميل الشمس (Declination Angle) على مستوى خـط الإسـتواء من الأرض . وأيضا بزاويـة ثابتـة هي زاويـة العـرض (Latitude Angle) وقيمتها موجبة شمال خـط الإستواء وسالبة جنـوبـه . كـذلك تتغير قيـم زوايـا العـرض باختلاف المواقـع من صفر إلى +٩٠ أو -٩٠ درجة حسب البعد عن خط الإستواء .

● الزاوية الساعية

تعتمد الزاوية الساعية (Hour Angle) لموقـع محدد من سطـح الأرض على الموقـع اللحظي في حـركة دورانها حـول محورها .



● شكل (٤) تغير معادلة الزمن خلال أيام السنة .

وبما أن الأرض تكمل دورة كاملة (٣٦٠ درجة) في فترة من الزمن تساوي ٢٤ ساعة، فإن الزاوية الساعية تتغير بمقدار ١٥ درجة في كل ساعة. وتقاس الزاوية الساعية بداية من وقت الظهر الشمسي (Solar Noon) حيث أن زوايا ماقبل الظهر موجبة ومابعده سالبة. وليس بالضرورة أن يكون وقت الظهر عند الساعة الثانية عشر ظهراً، حيث أن حركتي الأرض حول نفسها وحول الشمس تسببان فرقاً في الزمن بين وقت الظهر الشمسي (Solar Noon) والساعة الثانية عشر ظهراً. يحسب هذا الفرق بمعادلة تسمى معادلة الزمن (Equation Of Time - EOT). ويبين الشكل (٤) تغير قيمة معادلة الزمن خلال أيام السنة.

ولحساب الوقت المحلي الذي تكون عنده الشمس قد بلغت أعلى نقطة في السماء لذلك اليوم - وقت الظهيرة (Solar Noon) - تستخدم المعادلة التالية:

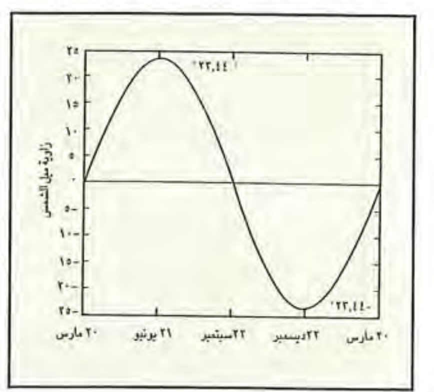
الوقت المحلي عند الظهيرة = ١٢ + معادلة الزمن + تعديل خط الطول.

حيث يمكن حساب التعديل بالدقائق في خط زاوية الطول (Longitude Angle) التي تكون قيمتها موجبة شرق خط غرينتش وسالبه غربه من المعادلة:

التعديل = ٤ × (خط طول الموقع - خط الطول للتوقيت المحلي).

● زاوية ميل الشمس

زاوية ميل الشمس (Declination Angle) عبارة عن الوضع الزاوي للشمس عندما تصل إلى أعلى نقطة لها في السماء بالنسبة لمستوى خط الإستواء. وهي تعتمد على الموقع اللحظي للأرض في دورانها حول الشمس. وسبب تغير زاوية الميل هو أن محور الأرض يميل بزاوية ثابتة مقدارها ٢٣,٤٥ درجة عن محور المستوى المداري، ويبقى دائما ثابتا في نفس الإتجاه خلال دوران الأرض حول الشمس.



● شكل (٥) التغير السنوي لزاوية ميل الشمس.

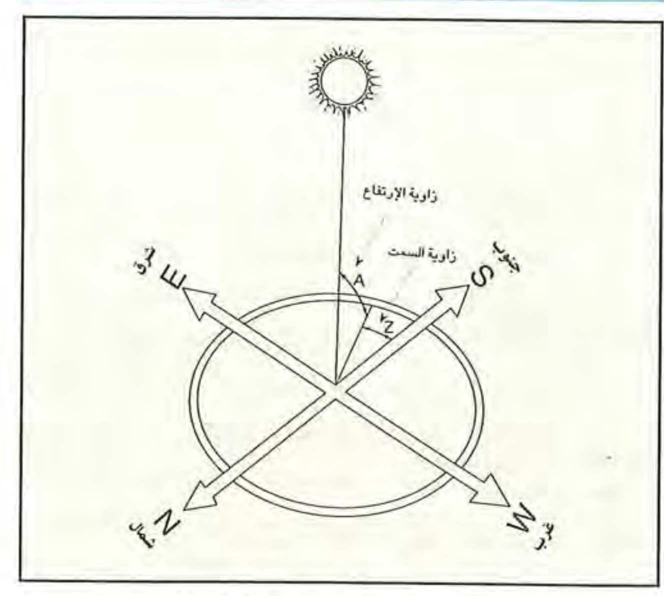
تتغير قيم زاوية ميل الشمس في النصف الشمالي من الكرة الأرضية بين − ٢٣,٤٥ درجة في يوم ٢١ ديسمبر إلى + ٢٣,٤٥ْ في يوم ٢٢ يونيه، شكل (٥). وتعطى القيمة التقريبية لهذه الزاوية بالمعادلة الآتية:

$$D= 23.44 \sin 360 (N-81) / 365$$

حيث D هي زاوية الميل، N اليوم في السنة الميلادية.

● زاويتي الإرتفاع والسمت

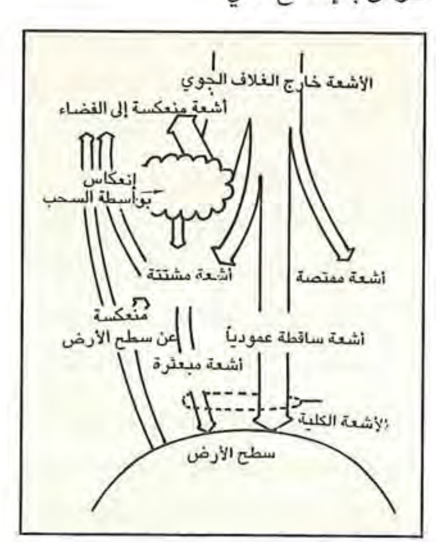
يلاحظ الراصد من موقع ما على الأرض أن الشمس هي التي تتحرك من الشرق إلى الغرب وأن الأرض ثابتة في مكانها وهذه الحركة تسمى بالحركة الظاهرية للشمس. وتقاس الحركة الظاهرية للشمس بزاويتين هما زاوية الإرتفاع (Altitude Angle) وزاوية السمت (Azimuth Angle)، فزاوية الإرتفاع هي مقياس البعد الزاوي للشمس عن الأفق، أما زاوية السمت فهي مقياس البعد الزاوي للشمس عن إتجاه الجنوب وقيمتها سالبة قبل الظهر وموجبة بعده، الشكل (٦).



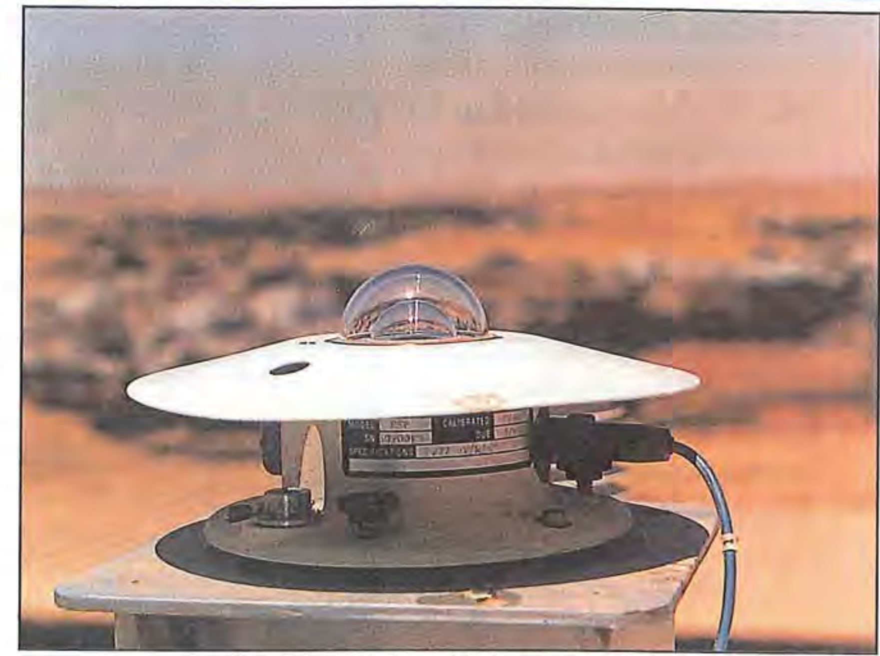
● شكل (٦) زاوية السمت وزاوية الارتفاع.

الإشعاع الواصل للأرض

على الرغم مما يتعرض له الإشعاع الشمسي قبل وصوله إلى الأرض من انعكاسات وتشتت وامتصاص بوساطة الغلاف الجوي للأرض - تتلاشى تقريبا كل الأشعة فوق البنفسجية وجزء معين من الأشعة تحت الحمراء، إلا أن الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض خلال سنة واحدة تفوق احتياج العالم من الطاقة بمقدار عشرة آلاف مرة. ويسمى جزء الأشعة الذي يصل إلى الأرض مباشرة من قرص الشمس دون أن يتعرض للإنعكاس بالإشعاع المباشر. أما الجزء الذي يشتت بوساطة بخار الماء والغبار فيسمى بالإشعاع المبعثر. ويدعى مجموع الإشعاع المباشر والمبعثر الذي يصل إلى سطح الأرض بالإشعاع الكلي.



● شكل (٧) مركبات الإشعاع الشمسي المختلفة.



● جهاز قياس الإشعاع الشمسي الكلي (بايرانوميتر) .

ويوضح الشكل (٧) مركبات الإشعاع الشمسي وما يحدث لها خلال مرورها بالغلاف الجوي .

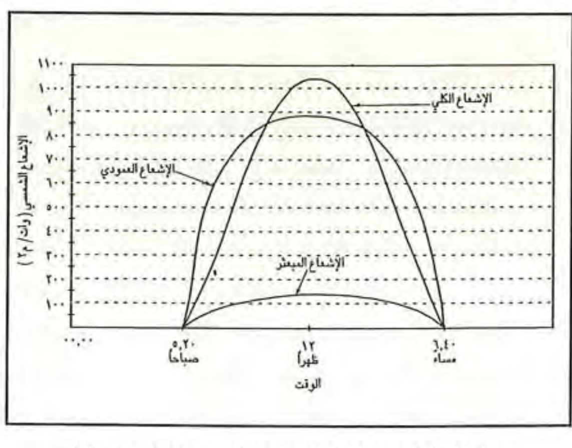
وتعد معرفة كمية الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض مهمة لكثير من النشاطات العلمية حيث يعتمد اختيار الموقع وتصميم الأجهزة وأداء نظم الطاقة الشمسية إعتمادا كبيرا على مقدار الأشعة الكلية والمبعثرة والساقطة عموديا .

قياس الإشعاع الشمسي

يقاس الإشعاع الشمسي الساقط عموديا بجهاز يسمى بايرهليوميتر (Pyrheliometer) وهو جهاز يشبه المنظار الفلكي (التلسكوب) يوضع على جهاز يتتبع الشمس في حركتها خلال اليوم .

ويقاس الإشعاع الكلي بجهاز يسمى بايرانوميتر (Pyranometer) وهو عبارة عن جهاز يقيس الإشعاع من القبة السماوية (١٨٠ درجة) ، حيث يوضع على سطح مستوي ومرتفع عن سطح الأرض .

أما الإشعاع المبعثر فيقاس بنفس جهاز قياس الإشعاع الكلي بعد حجز الإشعاع المباشر عن عنصر القياس أما بقرص يُحمل على جهاز تتبع (Tracking Disk) ، أو بوضع شريحة معدنية مظللة (Shadow Band) على طول مسار الشمس خلال ساعات النهار . ويبين الشكل (٨) المركبات الثلاث للإشعاع الشمسي الساقط على القرية الشمسية بالقرب من مدينة الرياض مقاسة بالأجهزة الثلاثة السابقة كل ٥ دقائق وذلك في يوم ١٢/٢/١٤١٦هـ الموافق ١٠/٧/١٩٩٥م .



● شكل (٨) مركبات الإشعاع الشمسي خلال يوم كامل .

أجهزة القياس الشمسية

تصنع أجهزة القياس الشمسية بثلاث طرق وذلك كمايلي : -

● حرارية كهربائية

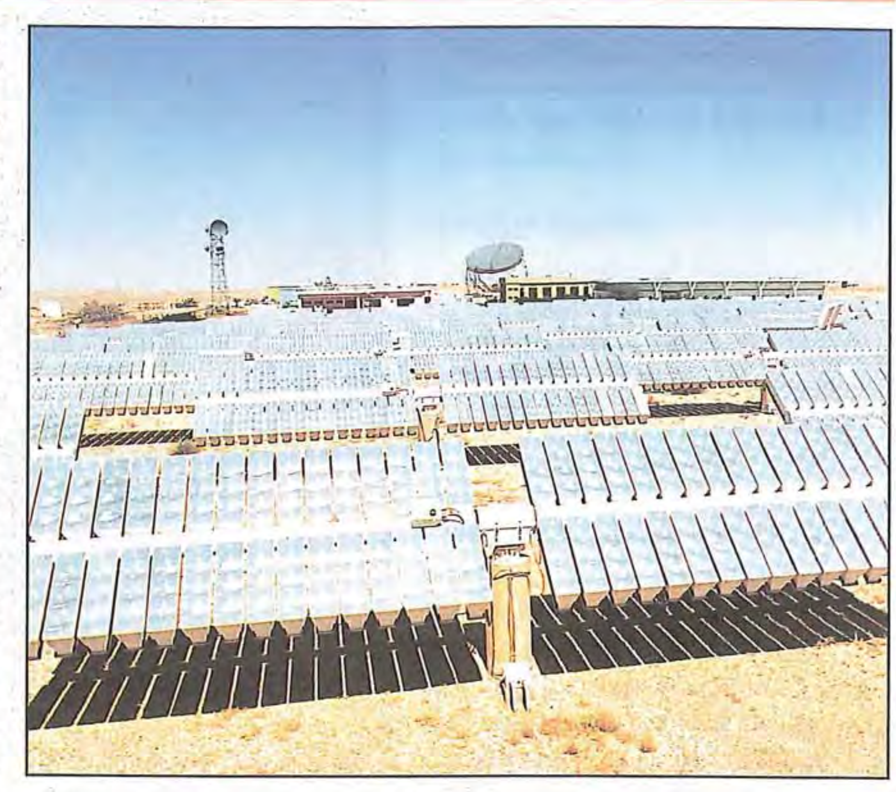
الأجهزة الحرارية الكهربائية (Thermal Electric) عبارة عن سطح مستقبل للأشعة الشمس يطلى بمادة سوداء لكي تمتص حرارة الإشعاع الشمسي ، وسطح آخر أقل إمتصاصاً للإشعاع من السطح الأول . عند تعرض السطحين معاً لأشعة الشمس فان كلاً منهما يمتص مقداراً من الطاقة يختلف عن الآخر ، وعندما تستقر درجتا حرارتهما توصل بينهما بطارية حرارية (Thermopile) حيث يتولد جهد صغير يكون متناسباً مع الفرق في درجتي حرارة السطحين . ويوضع كل هذا التركيب داخل غلاف مانع للفقد الحراري ، وتركب في أعلاه قبة زجاجية في حالة جهاز مقياس الأشعة الكلية البايرانوميتر (Pyranometer) ، ونافذة زجاجية في حالة جهاز مقياس الأشعة العمودية البايرهيليوميتر (Pyrheliometer) .

● كهروضوئية

يمكن استخدام خلية كهروضوئية (Photovoltaic Cell) مصنوعة من السيليكون توصل بها على التوازي مقاومة صغيرة تولد جهدا يتناسب مع الإشعاع الشمسي الساقط على الخلية .

● حرارية ميكانيكية

من أمثلة الأجهزة الحرارية الميكانيكية (Thermal Mechanical) جهاز يسمى بايرانوجراف (Pyranograph) وهو عبارة عن تركيب يتكون من شريحتين معدنيتين لهما معاملا إمتصاص مختلفين ويتحكمان في حركة قلم على ورق خاص . وتتناسب حركة القلم مع شدة الإشعاع الساقط على الشريحتين المعدنيتين .



الخلايا الكهروضوئية

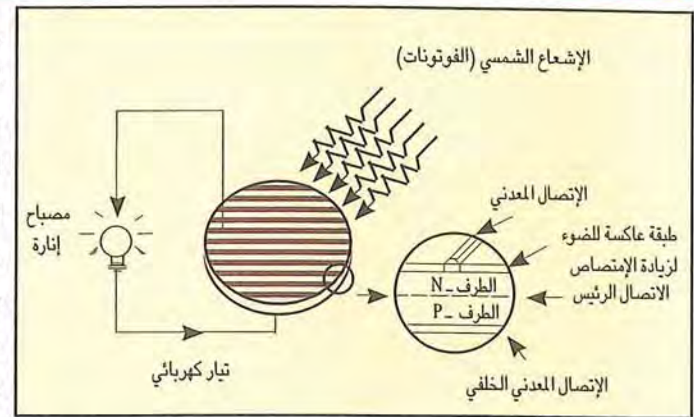
د. أسامه أحمد العاني

تستخدم الخلايا الشمسية (الكهروضوئية) في عملية تحويل الإشعاع الشمسي مباشرة إلى كهرباء ، وتعرف هذه الآلية بالتحويل الكهروضوئي أو التحويل الفوتوفلطائي (Photovoltaic Conversion) للطاقة الشمسية . ويتوقع أن يساهم تحويل الطاقة الكهروضوئي عملياً في تقليل إستهلاك الوقود الأحفوري وإلى خفض التلوث البيئي . وقد بدأت نظم الخلايا الكهروضوئية تنتشر تدريجياً في بعض دول العالم وخاصة في تطبيقات الإنارة والإتصالات وضخ المياه وغيرها .

يعود إكتشاف الأثر الكهروضوئي إلى القرن الماضي الميلادي عندما قام العالم بكيرل (Becquerel) في عام ١٨٣٩م بدراسة تأثير الضوء على بعض المعادن والمحاليل وخصائص التيار الكهربائي الناتج عنها . كما أدخل العالمان أدم وسميث (Adams & Smith) مفهوم الناقلية الكهربائية الضوئية لأول مرة عام ١٨٧٧م ، وتم تركيب أول خلية شمسية من مادة السيلينيوم (Se) من قبل العالم فريتز (Fritts) عام ١٨٨٣م حيث توقع لها أن تساهم في إنتاج الكهرباء مستقبلاً ، من جهة أخرى فقد ساعد تطور نظريات ميكانيكا الكم (Quantum Mechanics) على تفسير الكثير من الظواهر الفيزيائية وخاصة المرتبطة بالكهرباء الضوئية في فترة الثلاثينيات والأربعينيات من القرن الحالي ، وذلك عندما تم تفسير ظاهرة الحساسية الضوئية لمواد السيليكون وأكسيد النحاس وكبريت الرصاص وكبريت الثاليوم ، وقد سجل عام ١٩٤١م تصنيع أول خلية شمسية سيليكونية بكفاءة لاتتجاوز (١٪)، ثم لحق ذلك إنجاز مختبرات بل الأمريكية (Bell Lab.) في تصنيع البطارية الشمسية (Solar Battery) في منتصف الخمسينيات بكفاءة بلغت (٦٪) استخدمت آنذاك في التطبيقات الفضائية . كما تم في نفس الفترة تركيب أول خلية شمسية من مواد كبريت الكاديوم وكبريت النحاس ، وأطلق عليها فيما بعد الخلايا الشمسية ذات الأفلام الرقيقة (Thin - Film Solar) . بعد تلك الفترة ازداد تسارع بحوث التطوير في العلوم الفيزيائية والهندسية لأشباه الموصلات (Semiconductors) وخاصة مايرتبط بدراسة التبادلات الكهربائية الضوئية مما ساعد على تطور الخلايا الكهروضوئية وتقنياتها باتجاه تحسين كفاءتها وخفض تكلفتها . وقد أدى ذلك إلى ازدياد مستوى إنتاج الخلايا الكهروضوئية بقدرات تتراوح بين الميلي وات إلى الكيلووات . أما الفترة الهامة للخلايا الكهروضوئية فقد حدثت في عقدي السبعينيات والثمانينيات وخاصة بعد تطور علوم التراكيب المجهرية الدقيقة لأشباه الموصلات ، وقد اعتبرت الخلايا الكهروضوئية حينئذ بأنها إحدى الطرق العملية الطموحة لتوليد الكهرباء في المصادر المتجددة للطاقة . وقد ساعد ازدياد الطلب على استخدام مجمعات الخلايا الكهروضوئية في بعض دول العالم وخاصة مع بداية التسعينيات على تحقيق تطور ملموس في الصناعة والسوق الكهروضوئية حيث انخفضت نسبياً تكلفة إنتاجها بصورة معقولة ووصل إنتاجها إلى عشرات الميجاوات .

تشغيل الخلايا الكهروضوئية

تعرف الخلية الكهروضوئية بأنها أداة الكترونية مصنوعة من أشباه الموصلات يتشكل عبرها فرق في الجهد عند تعرضها للضوء ، ويتولد عنها تيار كهربائي ترتبط قيمته بمعامل امتصاصها للضوء ، وعند توصيل حمل كهربائي ما (مصابيح إنارة مثلاً ...) بين طرفيها فإن التيار



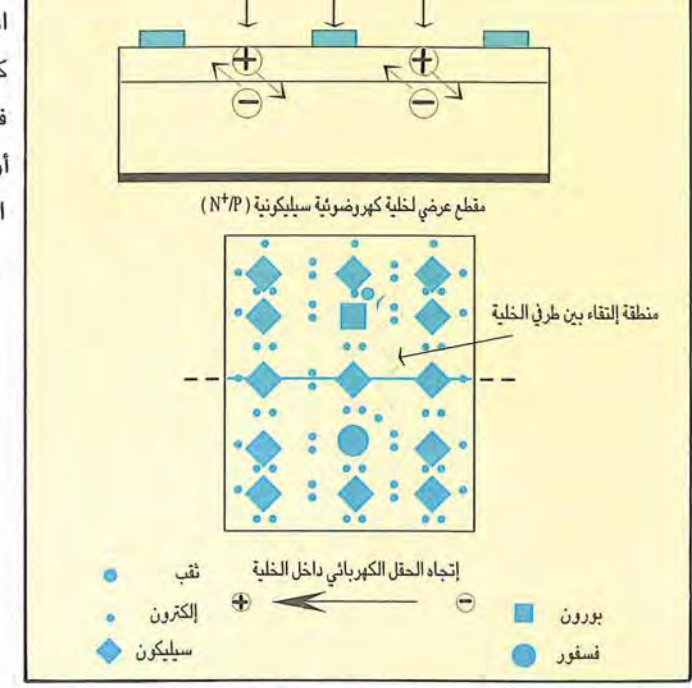
● شكل (١) دائرة كهربائية مبسطة ومقطع عرضي لخلية كهروضوئية نموذجية (N/P)

الكهروضوئي المار وبالتالي الطاقة الكهربائية الناتجة تستطيع تشغيل المصباح. يوضح الشكل (١) دائرة كهربائية مبسطة مع مقطع عرضي لخلية سيليكونية كهروضوئية نموذجية من النوع (N/P)، حيث N: تمثل مادة السيليكون التي يكون فيها عدد الإلكترونات هي الغالبة (المادة الإلكترونية)، و P تمثل مادة السيليكون التي يكون فيها عدد الفجوات (الثقوب) هي الغالبة (المادة الثقبية).

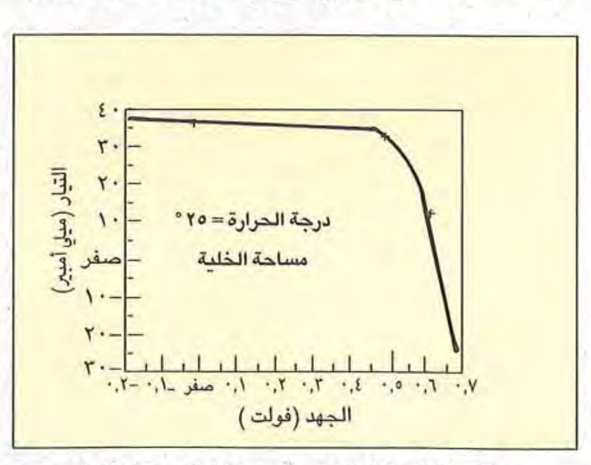
ويدعى سطح الالتماس بين N و P بمنطقة الملتقى الرئيسة (العبور) لحاملات الشحنة الالكترونية (السالبة) والثقوب (الموجبة). وعادة تضاف إلى السطح الأمامي (الماص) للخلية طبقة عاكسة للضوء وذلك لزيادة شدة امتصاص الضوء، بعدها تضاف إلى سطحي الخلية الأمامي والخلفي طبقة معدنية (الألمنيوم مثلاً ..) لتشكيل أقطاب الخلية الكهروضوئية. ويراعى عند إضافة الطبقة المعدنية إلى سطح الخلية الأمامي عناية خاصة بحيث لاتحجب الضوء وهي تشكل مساحة لاتتجاوز ٥٪ من سطح الخلية، في حين يغطى السطح الخلفي للخلية كاملاً بالطبقة المعدنية.

ويمكن تفسير آلية عمل الخلية فيزيائياً كما يلي: عند امتصاص كمية كافية من فوتونات الضوء أو الإشعاع الشمسي (الفوتون: عبارة عن جسيم يمثل وحدة الكم الرئيسة للضوء طاقته تساوي h حيث h ثابت بلانك ٦,٦٣×١٠^-٣٤ جول . ثانية، تردد موجة الإشعاع بالهرتز) تتحرر بعض الكترونات وثقوب الشبكة البلورية من مادة السيليكون ويرافق ذلك تغيراً في الطاقة الحركية الداخلية لها، وعند اقترابها من الملتقى الالكتروني الثقبي (منطقة العبور) فإن الأزواج الإلكترونية (إلكترون ـــ ثقب) تتجه بشكل جماعي حسب شحنتها إلى الطرف المناسب في الخلية n أو P على الترتيب، وبذلك تستطيع عبور المجال الكهربائي الداخلي (فرق الجهد)، وينتج عن ذلك تدفق تيار كهروضوئي، ويمثل حاصل ضرب قيمة فرق الجهد (الفولت) في التيار (الأمبير) الناتج عن الخلية الطاقة الكهربائية المفيدة والتي تقاس بوحدة الواط. ويلخص الشكل (٢) الآلية الفزيائية لتشغيل خلية كهروضوئية نموذجية. أما كفاءة الخلية الكهرضوئية (%) فتمثل النسبة المئوية لتحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء مباشرة. وترتبط قيمته بالخصائص الفيزيائية والإلكترونية للخلية، ومن أهم القياسات المعروفة التي تساعد على حساب كفاءة الخلية الكهروضوئية هي إيجاد تغير شدة التيار I مع الجهد V (المنحنى I-V).

يوضح شكل (٣) تغير المنحنى I-V خلية كهروضوئية ذات كفاءة مرتفعة..



●شكل (٢) الآلية الفيزيائية لخلية كهروضوئية نموذجية



● شكل (٣) علاقة التيار بالجهد لخلية كهروضوئية.

ويمكن توضيح مفهوم كفاءة الخلية من خلال المثال العددي الموضح بشكل (٤) والذي يشير إلى أن كفاءة الخلية لاتتجاوز ١٣٪.

تقنية الخلايا الكهروضوئية

تتوفر حالياً خمسة أنواع رئيسة من الخلايا الكهروضوئية وهي على الترتيب السيليكون (أحادي ومتعدد البلورات) والأفلام الدقيقة، والخلايا غير المتبلورة، ومواد المجموعة الثالثة ـ الخامسة (III-V) من الجدول الدوري الكيميائي ومواد الخلايا متعددة الوصلات (P-n's) لقد ساعد تطور علم المواد على فهم سلوك الخلايا الكهروضوئية بصورة أفضل مما أدى إلى وضع أشكال هندسية ونماذج نظرية وعملية جديدة لها أدت إلى رفع كفاءتها.

● خلايا السيليكون

يعد السيليكون ـ كمادة شبه موصلة ـ الأول في الصناعة الكهروضوئية نظراً لكثرته في الطبيعة، وقد توجهت كافة البحوث العلمية المتعلقة ببلورات السيليكون الأحادية إلى خفض تكلفة إنتاجها وتحسين آلية عملها للوصول إلى الكفاءة النظرية المثالية، في حين تم التوجه إلى تطوير بلورات السيليكون المتعددة نظراً لانخفاض تكاليف إنتاجها. وتتمتع مواد خلايا السيليكون أحادي البلورة بنقاوة تقنية عالية وترتيب بلوري نظامي، لأن بلورتها الأساس تنمو في اتجاه واحد وهذا يؤدي إلى قلة التشوهات البلورية داخل الخلية. بينما تكون مواد خلايا السيليكون متعددة البلورات أقل نقاوة لأن الترتيب البلوري النظامي ينمو في اتجاهات عديدة داخل الخلية، مما يؤدي إلى وجود بعض الذرات الشائبة الغريبة أوبالتالي إلى ازدياد التشوهات البلورية أثناء مراحل التصنيع المختلفة.

● خلايا الأفلام الرقيقة

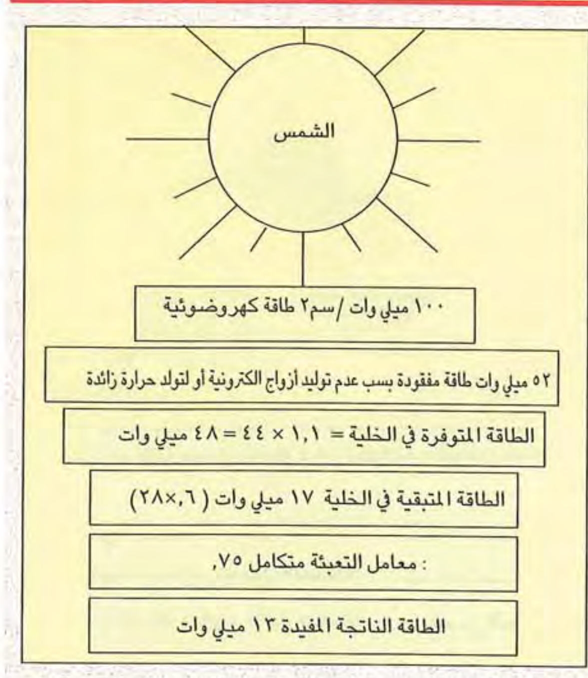
ترتبط العلاقة بين كفاءة الخلية وتكلفتها أحياناً بكتلة المادة المكونة للخلية. واعتماداً على ذلك فقد أدخلت مواد جديدة ذات سماكات صغيرة وبمساحات أكبر. وقد عرفت أول خلية في هذا المجال باسم كبريت النحاس ـ كبريت الكادميوم Cu_2S - Cds، تم تطبيق تقنيتها لأول مرة في برامج الفضاء، حيث تكون نسبة الطاقة الناتجة للخلية إلى كتلتها كبيرة. وقد عرفت مؤخراً خلايا مواد حديثة أهمها خلايا النحاس ـ الإنديوم ـ السيلينيوم Cu - In - Se_2 وخلايا الكاديوم ـ التولوريدم Cd-Te.

● الخلايا غير المتبلورة

من أشهر الخلايا غير المتبلورة (Amorphous) خلايا مواد السيليكون غير المتبلور a - Si ومواد السيليكون المهدرج غير المتبلور a - Si : H، حيث تلعب فيها ذرات الهيدروجين دوراً هاماً في التحكم في قيمة جهد الخلية الناتج، ويعرف السيليكون غير المتبلور بأنه عبارة عن توزع عشوائي غير نظامي لبلورات البنية الداخلية لمادة الخلية. وقد تم تركيب أول خلية من هذا النوع عام ١٩٧٥م بكفاءة لاتتجاوز (٥,٥٪)، وقد ازداد الاهتمام بهذا النوع من الخلايا، وتطوير كفاءتها حتى تم تصنيعها تجارياً لإنتاج طاقة كهربائية تصل طاقتها إلى مئات الكيلووات.

● خلايا مواد المجموعة الثالثة ـ الخامسة

نشطت مؤخراً بحوث التطوير في أشباه الموصلات ضمن المجموعة (III-V) في جدول التصنيف الدوري للعناصر الكيميائية ومن أهم المواد التي تم تحضيرها في هذا المجال Ga In As P , Ga Al As, InP.



● شكل (٤) مثال عددي لتوضيح مفهوم كفاءة الخلية الكهروضوئية.

وخاصة لما تتمتع به من خصائص كهروضوئية جيدة (ارتفاع في قيمة التيار والجهد الناتجة). ونظراً لارتفاع تكاليف إنتاجها فقد اقتصر استخدامها على نظم التركيز الضوئي للطاقة الشمسية والتطبيقات الفضائية، حيث بلغت كفاءة خلايا زرنيخ الجاليوم Ga As على سبيل المثال مابين (٢٢ ـ ٢٦٪).

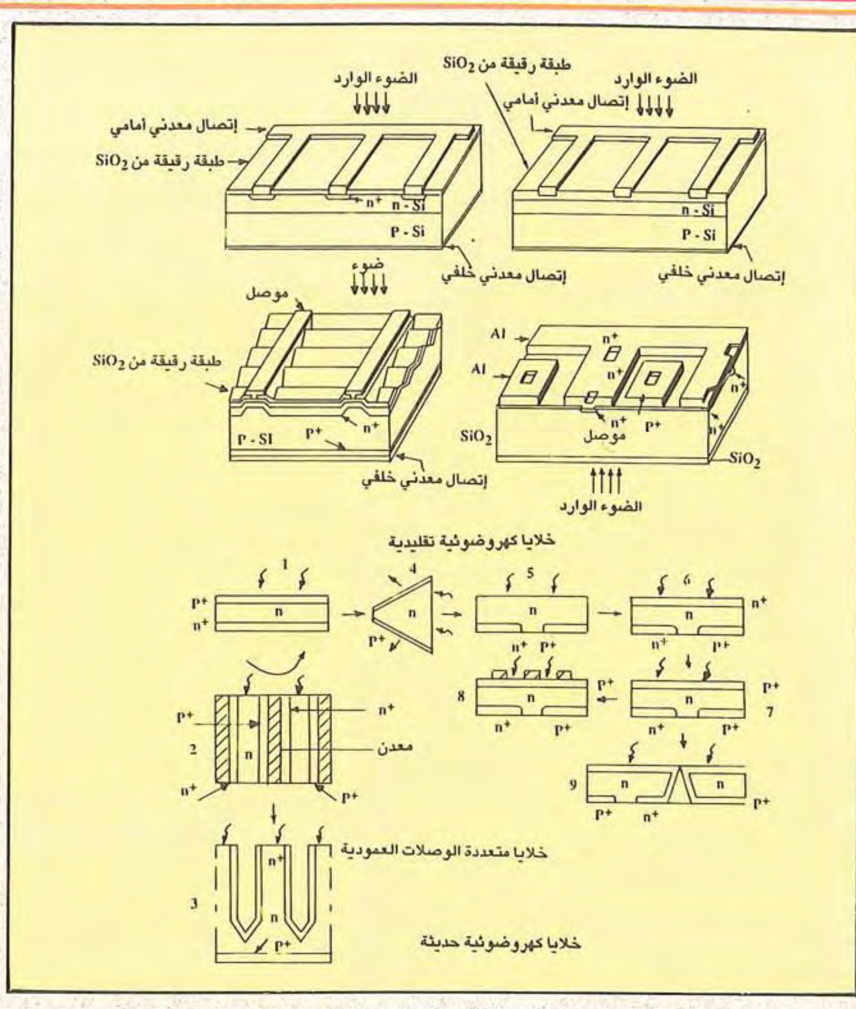
● الخلايا متعددة الوصلات

تم إدخال مفاهيم فيزيائية جديدة على بعض مواد الخلايا الكهروضوئية باتجاه رفع كفاءتها، وقد تم التوصل إلى كفاءة تفوق (٣٠٪)، ومن أهمها نظم الخلايا متعددة الوصلات (P-n's) في مواد السيليكون وزرنيخ الجاليوم لأنها تتمتع بأشكال هندسية وبنى فيزيائية غير مألوفة تهدف معظمها إلى زيادة فعالية الوصلة (الملتقى الرئيس) P - n والذي ينتج عنه مباشرة إرتفاع في قيمتي الجهد والتيار. ويوضح الشكل (٥) بعض النماذج التقليدية والحديثة لبنى الخلايا الكهروضوئية، حيث تختلف كل بنية عن الأخرى في التشكيل الهندسي لطرفي الخلية P,n على الترتيب.

الحصول عليها من مراكز الاختبارات والبحوث العاملة في هذا المجال .

يلاحظ من الجدول ارتفاعاً ملموساً في كفاءة الخلايا الكهروضوئية الحديثة ، وهذا يعود إلى أسباب عدة أهمها تحسين خصائص الطبقة السطحية في منطقة التلامس بين مادة الخلية ونقطة الاتصال المعدني ، وقد تبين أن استخدام تقنيات جديدة وإدخال طبقة ذات سمك رقيق جداً من مادة SiO_2/Si في حالة خلايا السيليكون الأحادية ستؤدي إلى انخفاض كبير للطاقة الضائعة للخلية وبالتالي إلى تحسين ملحوظ في كفاءتها . وعلى سبيل المثال يؤدي ربط ٣٦ خلية حديثة على التوالي إلى جهد تتراوح قيمته من ١٨ إلى ٢١ فولت وهذه القيمة كافية لشحن البطاريات ذات جهد يتراوح بين ١٢ إلى ١٣ فولت .

من جهة أخرى في حالة النظم الكهروضوئية فإنه يمكن استعمال عدد كبير من الخلايا الكهروضوئية التي تجمع على التوالي أو التوازي لتشكيل المجمعات لتصنيع الخلايا الكهروضوئية كما هو الحال في صناعة الدارات المتكاملة (المصغرة) . ويوضح شكل (٦) مثالاً نموذجياً لتقنية إنتاج خلايا السيليكون الأحادية والمتعددة ، والتكاليف الإجمالية المرافقة بدءاً من الرمال وانتهاءً بتصنيع الخلية الكهروضوئية . ويوضح جدول (١) مقارنة عامة لبعض الخلايا الكهروضوئية الحديثة التي تم استعراضها سابقاً كأمثلة نموذجية تم



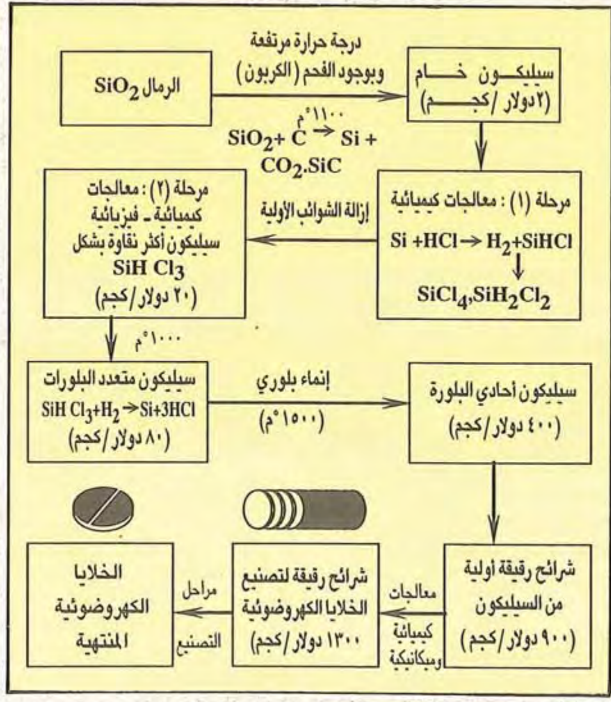
● شكل (٥) بعض النماذج التقليدية والحديثة للخلايا الكهروضوئية .

ضوابط تقنية الخلايا

هناك قواعد وضوابط خاصة يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم هذه الخلايا أهمها : تحديد تركيز حاملات الشحنة في مادة الخلية أو استخدام الطرق التقنية المناسبة لمعالجة سطح الخلية ، تعيين أشكال وتغيرات السطح الواقع بين مادة الخلية والاتصال المعدني .

اختبار وتصنيع الخلايا

في مجال فحص واختبار وتصنيع الخلايا الكهروضوئية (التقنية الكهروضوئية) تتوفر حالياً طرق مختلفة تساعد على دراسة خصائص المواد التي تدخل في تركيب الخلايا الكهروضوئية ، كما توجد طرق فيزيائية وكيميائية متقدمة



● شكل (٦) مثال نموذجي لإنتاج الخلايا الكهروضوئية السيليكونية .

الكهروضوئية ، ويبين الشكل (٧) طريقة شكلية لتجميع الخلايا وذلك حسب متطلبات الطاقة ؛ وعلى الرغم من أن التيار الناتج عن الخلية الكهروضوئية هو تيار مستمر (D.C) وله استخدامات كثيرة ، إلا أنه توجد استخدامات أخرى تعتمد على التيار المتناوب (A.C) ، ولذلك يجب تعديل التصميم الهندسي للنظم الكهروضوئية بإضافة بعض أجهزة التحكم والمحولات والمبدلات والمنظمات وغيرها لإنتاج تيار متناوب.

اسم الخلية	الكفاءة (٪)	مساحة الخلية (سم ٢)	العام	المصدر
سيليكون أحادي	٢٣,٥	٤,٠	١٩٩٤م	استرالي
سيليكون متعدد البلورات	١٧,٨	٤,٠	١٩٩٠م	استرالي
خلايا الأفلام الرقيقة : زرنيخ الجاليوم - النحاس - الأنديوم - السيلينيوم	٢٥,٨	-	١٩٨٩م	أمريكي
خلايا السيليكون غير المتبلورة	١٠,٣	١,٠	١٩٩١م	أمريكي
خلايا المجموعة الثالثة - الخامسة (III-V) (فسفور - إنديوم)	٢١,٩	٤,٠	١٩٩٠م	أمريكي
خلايا متعددة الوصلات - زرنيخ الجاليوم	٢٩,٢	٠,١٢	١٩٩٠م	أمريكي
خلايا متعددة الوصلات - السيليكون	٢٥,٢	١,٦	١٩٩٠م	استرالي

● جدول (١) مقارنة بعض الخلايا الكهروضوئية الحديثة .

إستخدامات الخلايا الكهروضوئية

ساعد التوسع في استخدام الخلايا الكهروضوئية على انتشار تطبيقاتها في كافة المجالات المدنية والعسكرية ويوضح الجدول (٢) أهم هذه الاستخدامات.

الاستخدامات	الأمثلة
الفضائية	إنارة المركبات والأقمار الصناعية
البحرية	الإنارة ، والإشارات الضوئية والإرشادية وأجهزة الرصد
الاتصالات الأرضية	محطات الاتصال والاستقبال
البترولية	حماية أنابيب النفط والغاز الطبيعي من التآكل المعدني
التبريد	الثلاجات المتنقلة في المدن والمناطق النائية لحفظ الأدوية ، والأطعمة
تحلية وضخ المياه.	للشرب والزراعة والصناعة
الحماية والأمن	الأجهزة التحذيرية المدنية والعسكرية في الإنارة وكهربة السياجات المعدنية
الطاقة	إنتاج الهيدروجين

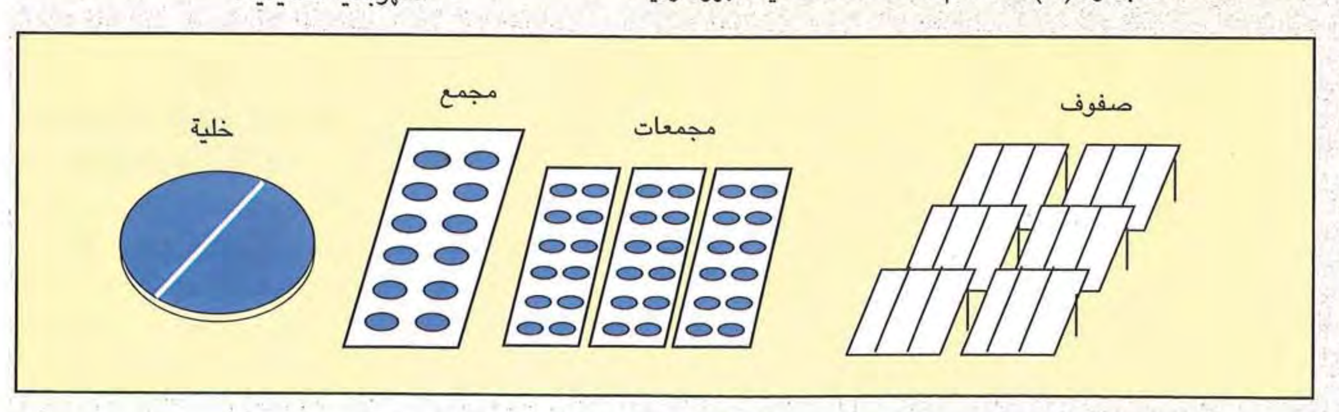
● جدول (٢) أمثلة لأهم الاستخدامات الخلايا الكهروضوئية .

تكلفة الكهرباء الشمسية

ولإيجاد العلاقة النسبية بين تكلفة الكهرباء الشمسية (الكهروضوئية) وتكلفة الكهرباء التقليدية يمكن اتباع مايلي:-

١- تحديد التكلفة الإجمالية لوحدة القياس في خطوط القدرة الكهربائية والمرتبطة بالمسافة والمعدات الكهربائية كالمحولات مثلاً ، ثم حساب تكلفة وحدة القدرة الكهربائية المنتجة الواصلة إلى المستهلك الكيلو وات - ساعة .

٢- تحديد التكلفة الإجمالية الناتجة عن التقنية الكهروضوئية والمرتبطة بأسعار الخلايا الكهروضوئية (الأسعار الحالية تشير إلى قيمة أقل من ٥ دولار لكل وات كهروضوئي مركب) والمعدات الكهربائية كالمبدلات مثلاً . فإذا تجاوزت تكاليف تركيب أو تمديد خطوط نقل القدرة الكهربائية ١٠ آلاف دولاراً لكل كيلو متر فإنه يجب اعتماد النظام الكهروضوئي لأنه سيحقق الجدوى المطلوبة وهذا يتفق مع البلدان التي ترتفع فيها أسعار الطاقة الكهربائية التقليدية .



● شكل (٧) طريقة شكلية لتجميع الخلايا الكهروضوئية .

العام	التكلفة الإجمالية (دولار لكل كيلووات ساعة)	ملاحظـــــــــات
١٩٨٠م	١,٠٠ - ١,٣٠	تبلغ تكلفـــة وحدة الكهرباء التقليديـــة (كيلووات ساعـــة) التي تصل إلى المستهلك في المملكة ٠,٠١٣ - ٠,٠٤ دولار وهـذا الرقـم صغير جداً بـالمقـارنة مـع التكاليف الحقيقية .
١٩٩٠م	٠,٣٥ - ٠,٥٠	
٢٠٠٠م	٠,٠٨ - ٠,١٥	

● جـدول (٣) تكاليف إنتاج الكيلووات بالتقنية الكهروضوئية .

أما بالنسبة للسوق الكهروضوئية فتعد مـن الأسواق الـواعـدة في مضمار استثمار واستغلال الطـاقات المتجـددة لأنها ستمثل أحـد الـروافد الاقتصـاديـة الهامـة . فكلما انخفـض سعـر وحـدة إنتـاج الخلايــا الكهـروضـوئيــة كلما إزداد انتشـارهـا أو استغلالها ، وهذا بالتـالي سيؤدي إلى وجود فرص عمـل هائلـة لمعظم البلـدان المتقدمـة والناميـة على حد سـواء النفطية منهـا وغير النفطيـة . بالإضـافة إلى ذلـك فـإن معامـل التـأثير البيئي سيلعـب دوراً هـاماً في هـذه القضيـة . يبين الجدول (٣) تكاليـف إنتـاج الكيلووات بالتقنية الكهـروضوئية في الفترة (١٩٨٠ ـ ٢٠٠٠ م) .

إن مقـارنـــة سريعـــة بين الطـــاقـــة الكهروضوئية والكهـرباء التقليدية يجب أن تأخـذ بعين الاعتبار كـافة النقـاط الإيجابية والسلبية قبـل اتخاذ قرار جـدوى التطبيق . ويـوضــح الشكـــل (٨) مـدى الانخفـاض المتـوقـع لتكلفـة الخلايـا الكهـروضـوئيـة وخاصة مع بداية عام ٢٠٠٠م . فعلى سبيل المثـــال إذا إزداد الطلـــب على النظـــم الكهروضوئية في السنـوات القادمة وبمعدل ٥ ميجاوات سنوياً في بلدٍ ما فإن ذلك يشجع على تطوير استغلالها في ذلـك البلد ، وبالتالي سيؤدي حتماً إلى انخفـاض تكاليفهـا ضمن التأثير المتسارع وذلك للعوامل التالية :

١ـ الطلب على الطاقة .
٢ـ العامل البيئي ـ الاقتصادي .
٣ـ تنظيم استهلاك الطاقة والمحافظة عليها.
٤ـ سياســة التخطيـط المتكامــل لمصـادر الطاقة المختلفة التقليدية والمتجددة.
٥ـ نقـــل تقنيـــات الطاقـــة والتطويــر المستمر لها .
٦ـ التوعيـة الاجتماعيـة لمفاهيـم الطاقــة المتجددة واستخدامها .

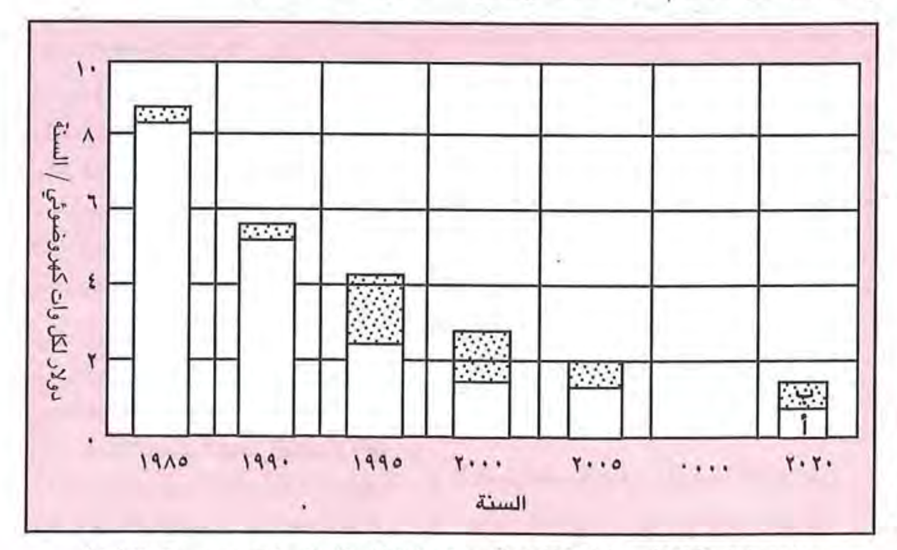
الخلايا الكهروضوئية في المملكة

قامـت هيئات وجهات عديـدة في المملكة باستخـدام نظم الخلايـا الكهروضـوئية في تطبيقات عـالية ومتوسطة القـدرة ، يستفاد من بعضهـا ميدانياً بعـد أن ثبت جـدواها ، والبعض الآخر مايـزال تحت الدراسة . ومن التطبيقات في هذا المجال ما يلي :

* إنارة الأنفاق
* تشغيل الإشارات المرورية والتحذيرية .
* تشغيل العدادات وأجهـزة قياس السرعة في السيارات .
* الاتصـــالات الهاتفيــــة والمتريـــــة (Micro wave) والألياف البصرية .
* حماية أنابيب نقل النفط من الصدأ .
* حماية الأنابيب المائية من الصدأ .

وتعد **مدينة الملك عبـد العزيز للعلوم والتقنيـة** مـن أهـم المؤسســـات العلميـة البحثية التي اهتمت في العالم بأعمال الطاقة والأولى في العالم العـربي حيث بدأ نشـاطها في هذا المجـال منذ عام ١٤٠٠هـــ ، وتتمثل بعـض نشـاطـاتها البحثيـة والتطبيقيـة في مشاريع تطبيقات الخلايـا الكهروضوئية في المنـاطق النـائية أهمهـا القـرية الشمسيـة وإنتاج الهيدروجين بالخلايا الكهروضوئية بقـــدرة ٣٥٠ كيلـــو وات ، ومشــــاريـــع الاختبارات الكهروضوئيـة المختلفة ، وضخ وتحلية المياه ، وبعض المشـاريع المتفرقة في مجال استخـدام الخلايـا الكهـروضـوئيـة بقدرات صغيرة . وتعـد **مدينـة الملك عبـد العزيـز للعلوم والتقنيـة** أول من أدخـل تطبيقات التقنيـة الكهروضوئيـة إلى المملكة حيث قامـت وبالتعاون مع جهـات حكومية مختلفـــة بتنفيـــذ مشاريـــع ميدانيـــة وخدميـة عديـدة .

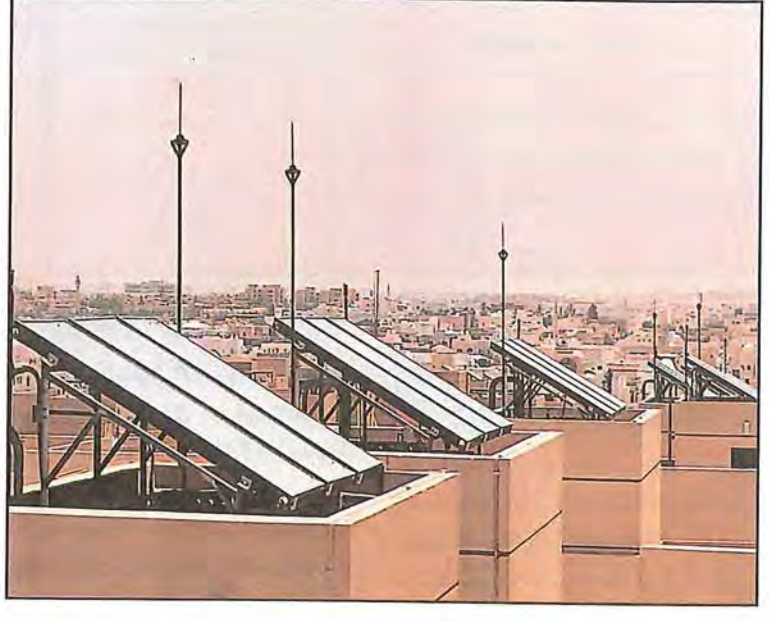
تشكل التطبيقات والأمثلة السابقة جزءاً ضئيـــلاً مـــن الإنتـاج الإجمالي للطـــاقـــة الكهـربـائيـة في المملكـة ولاتتجـاوز قـدرة التوليـد الكهروضـوئي ٢ ميجا وات . فـإذا أخـذنا في الاعتبـار أن القـدرة الكهـربائيـة المركبة في المملكة تعـادل ٢٠ ألف ميجاوات فـــإن قـــدرة التـوليـــد الكهـــروضـــوئي لاتتجاوز ٠١ر٠٪ ، وهي قليلة جداً بالمقارنة مع بعـض دول العالم كالولايـات المتحدة ، وألمانيـا واليـابـان وغيرهـا . وقـد أشـارت دراسة حديثـة قام بها معهد بحوث الطـاقة في **مـدينـة الملك عبد العـزيـز للعلـوم والتقنيـــة** إلى تـــوقـــع ازديــــاد النظـــم الكهروضوئيـــة وغيرهـــا مـــن الطـــاقـــات المتجـــددة في إنتـــاج الكهربـاء في المملكـة خلال العقد القـادم .



● شكل (٨) إنخفاض تكلفة الخلايا الكهروضوئية (أ : أقل تقديرات ـ ب : مجال التغير) .



م. حمد الفارس



إعتاد الإنسان في الماضي على الاستغلال المباشر لحرارة الشمس بصورة بدائية تنحصر في التدفئة ، وتسخين المياه ، والتجفيف المباشر للأشياء (المحاصيل ، والملابس .... إلخ) . وبعد اكتشاف النار أصبحت طاقة الكتل الحيوية أكثر أهمية من الطاقة الشمسية في الأمور الحياتية مثل الطبخ والتدفئة والتجفيف وغيرها . ومع اكتشاف الفحم والبترول والغاز الطبيعي تنوعت مصادر الطاقة وتنوعت استخداماتها خاصة بعد النهضة الصناعية التي تسارعت خطواتها بقدر محسوس نتج عنها استخدام كمية ضخمة من الطاقة خاصة الوقود الأحفوري . اتجهت الأنظار بعد ذلك إلى الطاقة النووية رغم التحفظات التي يبديها البعض على آثارها ، وحتى لاتتوقف عجلة عصر التقنيات ارتفعت الأصوات بضرورة الرجوع إلى ما بدأ به الإنسان في استغلاله للطاقة الشمسية كإحدى الوسائل للحد من استنزاف الطاقة التقليدية ، وقد استدعى ذلك الاستفادة من الرصيد العلمي والتقني الهائل واستغلاله في تقنية الطاقة الشمسية التي تشمل استغلال وسائط مهمتها تجميع الطاقة الشمسية الساقطة خلال النهار وتحويلها إلى صورة قابلة للتخزين ليتم استغلالها في الفترات التي لاتتوفر فيها الأشعة الشمسية.

ومن هذه الوسائط مايسمى بالخلايا الكهروضوئية التي تقوم بتحويل الأشعة الشمسية إلى تيار كهربائي قابل للتخزين ، ومنها أيضاً المجمعات الشمسية الحرارية التي تقوم بتحويل الطاقة الشمسية من أشعة ذات أطوال موجية مختلفة إلى طاقة حرارية يمكن تخزينها على هيئة سوائل ساخنة أو مواد صلبة ذات حرارة مرتفعة وهو مايسمى بالمجمعات الشمسية الحرارية.

تنقسم المجمعات الشمسية الحرارية إلى فئتين ، تبعاً لدرجة حرارة التشغيل ، هما المجمعات البرجية والطبقية والقطعية التي تعمل عند درجات حرارة أكثر من ١٥٠°م ، و المجمعات المسطحة (السخانات الشمسية) التي تعمل عند درجات تقل عن ١٥٠°م .

سيتناول هذا المقال السخانات الشمسية من حيث أنواعها وتركيبها وطريقة عملها . ومما يجدر ذكره أن السخانات الشمسية هي أجهزة ذات مواصفات فيزيائية خاصة ، مهمتها استقبال الطاقة الشمسية وتحويلها إلى طاقة حرارية قابلة للنقل والتخزين في صورة سوائل أو غازات ساخنة ، وذلك لاستغلالها في تدفئة المنازل وتسخين المياه المنزلية والصناعية وكذلك في تجفيف المحاصيل الزراعية والمنتجات الصناعية عند درجة حرارة أقل من ١٥٠° . وتنقسم السخانات الشمسية إلى قسمين رئيسين هما السخانات الشمسية المسطحة ، وسخانات الأنابيب المفرغة .

السخانات الشمسية المسطحة

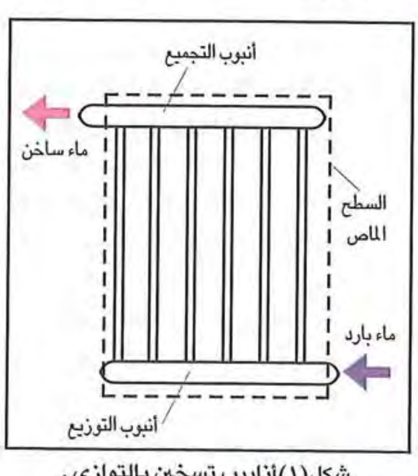
تصمم السخانات الشمسية المسطحة من حيث شكل السريان ، وشكل السطح الماص ، ومعامل تركيز الأشعة الشمسية وذلك كما يلي :

● شكل السريان

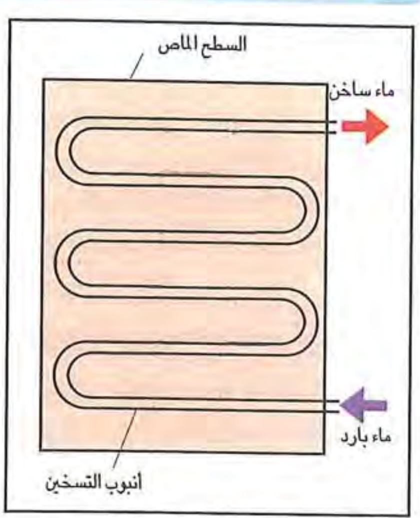
تقسم السخانات الشمسية المسطحة من حيث شكل السريان إلى ثلاثة أقسام هي :

* **أنابيب متوازية :** وفي هذا النوع من السريان ، شكل (١) ، يتم دخول المائع إلى أنبوب توزيع في أسفل السخان ومنه يتوزع على أنابيب التسخين المتوازية التي تصعد إلى أعلى السخان حيث يتم جمعها في أنبوب التجميع ومن ثم تدفع إلى خارج السخان .

* **أنبوب واحد :** وفي هذا النوع من السريان ، شكل (٢) ، يدخل المائع إلى أنبوب التسخين الموجود بأحد جانبي السخان وفي الجهة السفلية منه ويتجه إلى الجانب الآخر ثم يرجع إلى الجانب الأول وهكذا حتى يصل



شكل(١) أنابيب تسخين بالتوازي .



شكل(٢)سخان ذو أنبوب تسخين وحيد .

إلى أعلى السخان ليتم دفع المائع إلى الخارج وقد ارتفعت درجة حرارته .

* **بدون أنابيب :** ويتميز هذا النوع من السريان ، شكل (٣) ، ببساطته حيث أن السخان والخزان مدمجان في وحدة واحدة تعمل الجهة المقابلة للشمس فيه كوحدة تسخين (حيث يوجد الغطاء الزجاجي) . غير أن ما يؤخذ على هذا النظام محدودية الكفاءة وكثرة الفواقد الحرارية أثناء الليل ، كما يؤخذ عليه أيضاً صعوبة تحريكه ونقله نظراً لكبر حجمه وثقل وزنه .

شكل السطح الماص

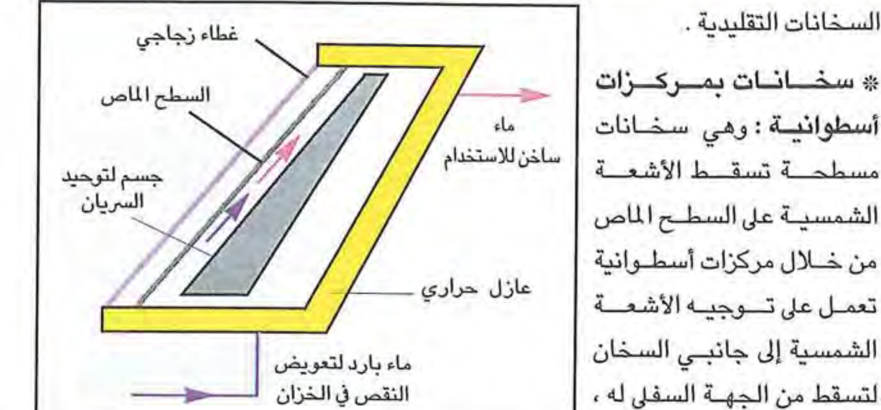
تقسم السخانات الشمسية المسطحة بالنسبة إلى شكل السطح الماص إلى عدة أقسام ، ويوضح الجدول (١) أمثلة لبعض أشكال السطح الماص ومواصفاتها .

معامل تركيز الإشعاع

يمكن تقسيم السخانات حسب معامل تركيز الأشعة الشمسية إلى مايلي :

* **سخانات بمُركّزات سطحية :** وهي سخانات مسطحة تسقط فيها الأشعة الشمسية على السطح الماص من خلال مركزات مسطحة ، شكل (٤ـأ) ، وتتميز التقنية المطبقة في هذا النوع من السخانات بأنها بسيطة ويمكن تطبيقها على السخانات التقليدية .

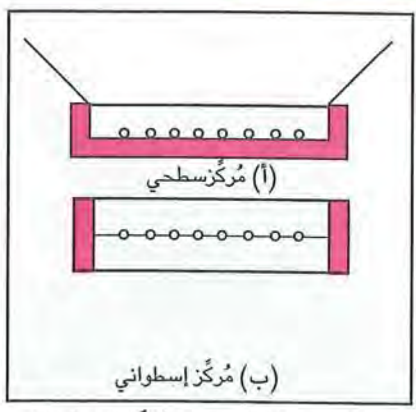
* **سخانات بمركزات أسطوانية :** وهي سخانات مسطحة تسقط الأشعة الشمسية على السطح الماص من خلال مركزات أسطوانية تعمل على توجيه الأشعة الشمسية إلى جانبي السخان لتسقط من الجهة السفلى له ، شكل (٤ ـ ب) ، وتتميز هذه



شكل(٣)سخان مدمج بالخزان .

موضع انابيب/أنبوب التسخين	الشكل	مواصفات السطح الماص وأنابيب / أنبوب التسخين
ـ أسفل السطح الماص		ـ السطح الماص من الألمنيوم ، والأنابيب من النحاس .
ـ فوق السطح الماص		ـ السطح الماص من الألمنيوم ، والأنابيب من النحاس .
ـ بجانب شرائح السطح الماص		ـ يقسم السطح الماص إلى شرائح توصل بأنابيب التسخين .
ـ مدمجة مع السطح الماص بشكل شرائح		ـ السطح الماص شرائح مرصوصة من الألمنيوم المبثوق .
ـ مدمجة مع السطح الماص بشكل شرائح		ـ السطح الماص شرائح من النحاس مدمجة مع الأنابيب .
ـ مدمجة بشكل لوحتين متقابلتين .		ـ السطح الماص والأنابيب من النحاس أو الفولاذ ويكوّنان وحدة واحدة .

● جدول (١) بعض أشكال السطح الماص ومواصفاتها في السخانات الشمسية.



شكل(٤) سخانات تعمل بمُركِّزات سطحية

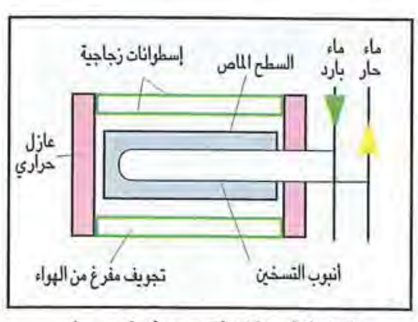
السخانات بأنها مغطاة بالزجاج من أعلى وأسفل ولكنها لاتحتوي على أي عازل حراري.

سخانات الأنابيب المفرغة

هي سخانات يتم فيها وضع أنابيب التسخين وشرائح السطح الماص الملتصقة بها داخل أنابيب زجاجية مفرغة من الهواء لتقليل الفواقد الحرارية الناتجة عن الحمل (Convection)، وتنقسم تلك السخانات حسب نوع الأنابيب المفرغة إلى التالي :ـ

● سخانات بأنابيب مفرغة بسيطة

تتكون هذه السخانات، شكل (٥)، من شريحة السطح الماص داخل أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء يثبت به عازل حراري. يمر مائع التسخين من خلال أنبوب متصل بشريحة السطح الماص فترفع درجة حرارته ويخرج إلى خزان التجميع. ولزيادة كفاءة حرارة التسخين تتصل شريحة السطح الماص بجهاز لمتابعة الشمس أثناء النهار.



شكل(٥) سخان أنبوب مفرغ بسيط

● سخانات الأنبوب الحراري

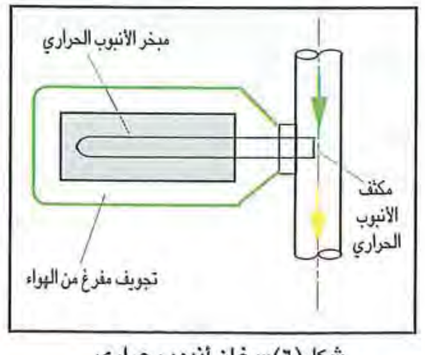
هذا النوع من السخانات، شكل (٦)، عبارة عن تجويف زجاجي مفرغ من الهواء بداخله شريحة السطح الماص التي تتصل بمكثف أنبوب حراري يعمل على تجميع الطاقة الحرارية من السطح الماص و يكون ملامساً لأنبوب سريان مائع التسخين. وفي أثناء سريان مائع التسخين من مصدره إلى داخل الأنبوب الحراري فإن درجة حرارته سترتفع بملامسة المكثف ويخرج بعدها إلى خزان التجميع.

تركيب السخانات الشمسية

تتركب السخانات الشمسية بصفة عامة من: سطح امتصاص الأشعة الشمسية وقنوات سريان وسيط التسخين وعوازل حرارية لمنع تسرب الحرارة المكتسبة في وسيط التسخين إلى الوسط المحيط.

● سطح الامتصاص

يصنع سطح الامتصاص في الغالب من معدن مطلي بألوان داكنة وذلك لزيادة معدل الامتصاص حيث تتميز الألوان الداكنة بمعدل عالٍ لامتصاص الأشعة الشمسية يصل إلى ٩٨٪، ولكن يعاب على الألوان الداكنة قابليتها الشديدة لفقد الحرارة بطريقة الإشعاع حيث يصل ذلك المعدل إلى ٩٠٪. بعبارة أخرى فإن السطح الماص الداكن قادر على امتصاص ما نسبته ٩٨٪ من الطاقة الساقطة عليه ولكنه سيعيد إشعاع ما نسبته ٩٠٪ من الطاقة المكتسبة لتصبح الاستفادة من جزء صغير فقط من الطاقة الشمسية الساقطة على السخان



شكل(٦) سخان أنبوب حراري

وستضيع النسبة الكبرى سدى. من أجل ذلك تستخدم أنواع خاصة من الطلاء ذات معدل امتصاص عالي ومعدل إشعاع منخفض. وتسمى مثل هذه الطلاءات بالطلاءات الانتقائية (Selec-tive Coatings)، ومن أمثلة هذه الطلاءات أكاسيد الكروم والكوبالت.

● قنوات سريان وسيط التسخين

تصنع هذه القنوات عادة من معادن مثل النحاس و الفولاذ أو من المطاط، وهي تختلف من تطبيق إلى آخر باختلاف نوع الوسيط وكذلك باختلاف مادة سطح الامتصاص، فهناك قنوات مستطيلة ذات مساحات كبيرة (١٠×١٥ سنتيمترات) لتسخين الهواء، وهناك قنوات دائرية ذات أقطار صغيرة (أنابيب أقطار بحدود ١ سنتيمتر) لتسخين السوائل.

● العازل الحراري

عندما ترتفع درجة الحرارة داخل السخانات بالمقارنة بالجو المحيط بها يصبح هناك إمكانية لفقد هذه الحرارة بالتوصيل وذلك عن طريق جوانب السخان والجهة السفلية منه، وبالحمل، والإشعاع عن طريق الغلاف الزجاجي، وعليه يمكن الاستعانة بمواد وأساليب خاصة للحد من هذه الفواقد حسب نوعية الفقد وذلك على النحو التالي :ـ

* **الفقد بالتوصيل**: ويمكن الحد منه بإحاطة جوانب وأسفل السطح الماص وأنابيب التسخين بمواد خاصة ذات توصيلية حرارية متدنية مثل الصوف الزجاجي والألياف الزجاجية والبولي ستيرين.

* **الفقد بالحمل**: ويمكن الحد منه بسحب الهواء الموجود بين الأغطية الزجاجية أو بوضع أنابيب التسخين مع السطح الماص داخل أنابيب زجاجية مفرغة من الهواء.

* **الفقد بالإشعاع**: ويمكن الحد منه باستخدام أغلفة زجاجية منفذة للأشعة القصيرة من الشمس وفي نفس الوقت معتمة بحيث تمنع انعكاس الأشعة

ذات الموجات الطويلة الصادرة من السطح الماص .

آلية عمل السخانات

تتم آلية عمل السخانات بأن يمتص السطح الماص أشعة الشمس الساقطة فترتفع درجة حرارته ، يتبع ذلك ارتفاع في درجة حرارة المائع المار في أنابيب التسخين ، و لتبسيط طريقة عمل السخانات الشمسية سيتم التطرق إلى ثلاثة أمور أساس هي : آلية التسخين ، والسريان داخل السخان ، وآلية الدفع .

● آلية التسخين

عندما تسقط الأشعة المباشرة أو غير المباشرة على السطح الماص فإن درجة حرارته ترتفع مقارنة بدرجة حرارة المائع المار في الأنابيب فيحدث فرق في درجة الحرارة ينتج عنه انتقال الحرارة من المناطق ذات الحرارة العالية (فيما بين الأنابيب) إلى مناطق سريان المائع ذات الحرارة المنخفضة وبالتالي ترتفع درجة حرارة المائع باكتسابه للحرارة ويستمر هذا الارتفاع مادام المائع متصلاً بالسطح الماص (أي داخل السخان) ويتراوح الارتفاع في درجة حرارة المائع بين أجزاء من الدرجة إلى عشرات الدرجات المئوية تبعاً لمقدار الإشعاع الشمسي ومعدل السريان داخل أنابيب التسخين .

● السريان داخل السخان

يدخل المائع البارد نسبياً إلى أنبوب التوزيع في أسفل السخان (السخانات ذات السريان المتوازي) ومن هذا الأنبوب يتوزع المائع على أنابيب متوازية صاعدة وذات أقطار صغيرة ومن ثم يجمع في أنبوب التجميع الرئيس في أعلى السخان حيث يتم دفع المائع الحار نسبياً إلى خارج السخان كما تم توضيحه في الشكل (٢) .

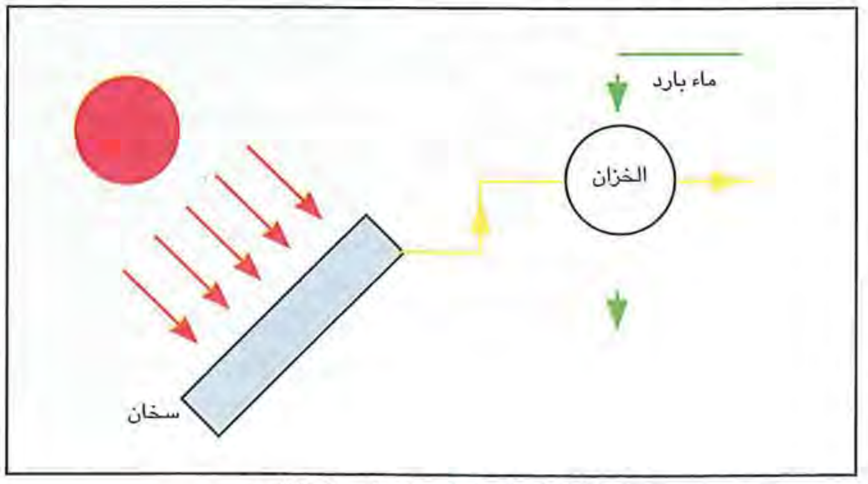
أما في حالة السريان المتصل فيدخل المائع إلى أنبوب التسخين الذي يغطي أغلب مساحة السطح الماص ـ بسبب أنه مصنّع بشكل متعرج ــ فيتحرك الماء يميناً وشمالاً في اتجاه تصاعدي حتى يخرج من أعلى السخان بدون أن يكون هناك أي تفريغ للمائع أو تغيير في الأقطار كما هو موضح في الشكل (٣) .

● آلية الدفع

وهي الوسيلة التي يتم بوساطتها نقل المائع الساخن من السخان إلى الخزان ونقل المائع البارد من الخزان إلى السخان وتحريك المائع داخل السخان . وتنقسم آلية الدفع إلى قسمين هما : النظام الطبيعي والنظام القسري .

* **النظام الطبيعي :** يمتاز نظام السريان الطبيعي ، شكل (٧) ، ببساطته ورخص تكاليفه، فهو يعتمد على المبدأ الفيزيائي الحراري القائل بأن أي ارتفاع في درجة حرارة المائع يتبعه انخفاض في كثافته ، ولتطبيق هذا المبدأ في أنظمة التسخين يجب أن يكون أدنى مستوى في الخزان يوازي أو يعلو على أعلى مستوى في السخان ، فعند دخول المائع إلى السخان بدرجة حرارة معينة فإنه يمتص الحرارة من السطح الماص لترتفع درجة حرارته كما ذكر آنفاً ، ويتبع ذلك انخفاض في الكثافة، أي أن وزن المائع بالنسبة لوحدة الحجم سيقل وبالتالي فإن وحدة حجمية من المائع داخل السخان ستكون أخف من نفس الوحدة الحجمية عند نفس المستوى خارج السخان (داخل الأنبوب الذي يصل مدخل السخان بالخزان) ، وينتج عن هذا الفرق استمرار صعود المائع داخل السخان باكتسابه للحرارة ودخول المائع البارد القادم من الخزان . وبالطبع سيكون هناك وسيلة لمنع انعكاس اتجاه الدورة في الليل أو عند انعدام الإشعاع الشمسي لأن انعكاس الاتجاه يعني زيادة في معدل الفقد الحراري من نظام التسخين ، شكل (٧) .

* **نظام السريان القسري :** نظراً لصعوبة تركيب الخزانات فوق مستوى السخانات لكونها خزانات مركزية (أي أن كل وحدة سكنية أو صناعية بها خزان واحد لتجميع الموائع ذات درجة الحرارة العالية لتقليل الفواقد الحرارية) وذلك لاعتبارات الوزن (وللاعتبارات الجمالية أيضاً) فإن المبدأ الذي يقوم عليه السريان الطبيعي سيختل وبالتالي يستعان بمضخة تقوم بتدوير المائع بين الخزان والسخان خلال فترات توفر الإشعاع الشمسي . وحتى لاتستمر الدورة في الليل عند انخفاض أو انعدام الإشعاع الشمسي يضاف مجس يقوم باستشعار حرارة الخزان و آخر باستشعار حرارة المائع الخارج من السخان ووحدة تحكم تفاضلية مهمتها إيقاف المضخة عندما تكون حرارة السخان أعلى من درجة حرارة الخزان بمقدار يتجاوز الفقد في أنابيب التوصيل بين الخزان والسخان .



شكل(٧)نظام تسخين يعمل بالسريان الطبيعي

الطبَّاخات الشمسية

أ. د. حامد بن محمود صفراطه

يستخدم الخشب في الطهي والتدفئة . وهو يمثل على المستوى العالمي أحد أهم أربعة مصادر للطاقة – بعد البترول والفحم والغاز الطبيعي – خاصة في الدول النامية . وعلى سبيل المثال فإن نسبة ٢٨ ٪ من مصادر الطاقة في جنوب أفريقيا من الخشب ، وتزداد هذه النسبة إلى ٧٥٪ في الصحراء الأفريقية، ونتيجة لذلك أصبح قطع الغابات مشكلة بيئية لا يستهان بها.

لقد أدى إستخدام الخشب كمصدر للطاقة إلى انقراض الغابات حول بعض المدن ولمسافة تصل إلى ٧٠ كم ولازال انقراض واختفاء الغابات قائماً ، ونتيجة لذلك قام العلماء بالعمل على إيجاد مصادر أخرى لتغطية الإستهلاك العالمي المتزايد من الوقود خصوصاً في مجال الطهي ، وحماية للغابات من الإنقراض.

لقد كان إستخدام حرارة الشمس المباشرة من أهم الحلول التي طرحت لإستعمالها كطاقة للطهي ، وذلك لقلة تكاليفها ووفرتها وسهولة الحصول عليها ، وقد أدى ذلك إلى تصميم وتطوير الطباخات الشمسية ، ويعد هذا الإستخدام من أبسط إستخدامات الطاقة الشمسية خاصة في المجتمعات التي تتوفر فيها هذه الطاقة مثل المملكة العربية السعودية وغيرها من البلدان التي حباها الله بنعمة الشمس المشرقة في أغلب الأوقات.

الأساس العلمي للطباخ الشمسي

يعتمد الأساس العلمي للطباخ الشمسي على الإستفادة من مبدأ الإنحباس الحراري الناجم عن سقوط الأشعاع الشمسي وإنعكاسه داخل صندوق معزول من جميع جوانبه بعازل حراري عدا الجانب الأعلى المواجه للشمس فيغطى بلوح من الزجاج أو البلاستيك الشفاف ، كما يتم طلاء أسطحه الداخلية بلون داكن غير لامع، لكي يقوم بإمتصاص أكبر قدر ممكن من الحرارة إعتماداً على نظرية بلانك للإجسام الداكنة ، شكل (١).

عند سقوط أشعة الشمس على السطح الزجاجي فإن الموجات القصيرة تنفذ إلى داخل الصندوق ، أما الموجات الطويلة فإن جزء كبير منها ينعكس إلى الخارج . وبما أن الموجات الطويلة ليست ذات طاقة عالية مقارنة با لموجات القصيرة فإن الفاقد بالإنعكاس يعد ضئيلاً. وبذلك فإن الأشعة الممتصة بوساطة السطح الداكن تتحول إلى طاقة حرارية ترفع درجة الحرارة داخل الصندوق.

يساعد وجود العازل الحراري للصندوق على إحتفاظه بقدر كبير من الطاقة . أما الغطاء الزجاجي ، فالبرغم من أنه يساعد على فقد جزء من الطاقة إلى الخارج عن طرق الإنكسار، إلا أنه يعمل على إنعكاس الطاقة إلى داخل الصندوق (الإنحباس الحراري) .

وكمثال على هذه الظاهرة في حياتنا اليومية نجد أن درجة الحرارة داخل السيارة المعرضة للشمس أعلى منها خارجها ، وذلك لإن حرارة الشمس عندما تنفذ مخترقة زجاج السيارة فإنها تنحبس في الداخل عن طريق الإنعكاس.

الطباخ الشمسي البسيط

يتكون الطباخ الشمسي البسيط من صندوق معزول عزلاً جيداً من جميع وجوهه الخمسة ويغطى وجهه السادس – المواجه للشمس – بلوح من الزجاج ، شكل (١).

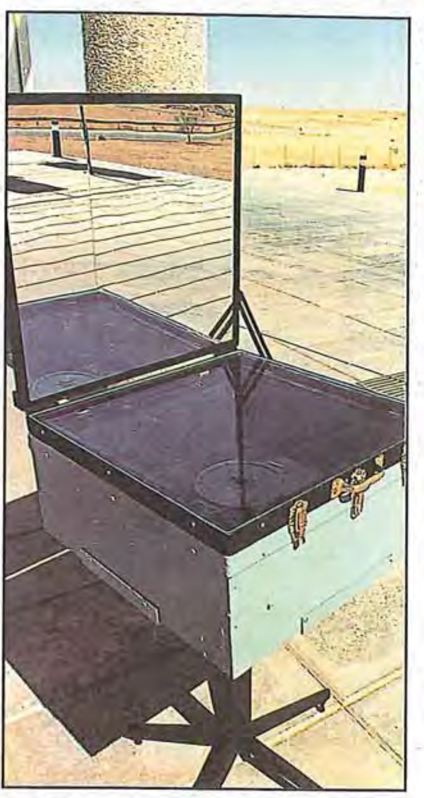
يوضع وعاء الطهي ومافيه من طعام

الشمس
درجات الحرارة مقيسة بالدرجات المئوية
زجاج
(٦٢)
(١٠٣)
(٩٦)
(٨٥)
(٧٢)
(٧٣)
(٧٤)
صندوق معزول
وعاء الطهي
الجدار الداخلي أسود

● شكل (١) الطباخ الشمسي البسيط .

	الطعـــــــام	زمن الإنضاج بالساعة	الفئـــة
أ	بيض - أرز - فواكه - خضروات - سمك - دجاج	١ - ٢	سهلة الطهي
ب	بطاطس - درنيات - حبوب - لحوم - خبز	٣ - ٤	متوسطة الطهي
جـ	مرق - لحوم قطع كبيرة - حبوب	٥ - ٨	عسيرة الطهي

● جـدول (١) أزمنة تقريبية لإنضاج الطعام (في يوم مشمس وفي وسط النهار).



● صورة (١) الطباخ ذو المرآة الواحدة.

داخـل الصندوق، وعند تعريضه لأشعة الشمس تبدأ درجة حرارته في الإرتفاع، وتبعاً لذلك تأخذ درجة حرارة الوعاء في الإرتفاع حتى تصل إلى درجة الطهي المناسبة لنوع الطعام الموجود في الوعاء. ومما يجدر ذكره أن درجة الحرارة في الوعاء تكون دائماً أكبر من درجة الحرارة على جدران الصندوق وذلك بسبب ظاهرة الإنحباس الحراري. وتشير البيانات الموضحة في شكل (١)، إلى أن درجة حرارة الجزء الأعلى من الوعاء أكبر من درجة حرارة الجزء الأوسط والأسفل.

يختلف الوقت اللازم لإنضاج الطعام تبعاً لنوعه، فمثلاً يحتاج إنضاج الأرز إلى حدود الساعتين، واللحم إلى ثلاث ساعات، أما قطع اللحم الكبيرة وأنواع المرق والحبوب فقد تستغرق ست ساعات، ويبين الجدول (١) أزمنة تقريبية لأنواع مختلفة من الطعام.

يمكن التحكم إلى حد ما بدرجات الحرارة في الطباخات الشمسية، فعندما نريد الحصول درجة الحرارة القصوى فإنه يجب وضع الطباخ في موجهة الشمس تماماً، أما عندما نريد الحصول على درجات حرارة أقل، وذلك للمحافظة على سخونة الطعام فقط، فإنه يجب وضع الطباخ بشكل منحرف عن المجال الشمسي، وبالتالي لا تسقط الأشعة عمودية على الطباخ فتنخفض درجة حرارته.

يشترط عند استخدام هذا النوع من الطباخات أن تكون الشمس عمودية على الوجه العلوي الشفاف من الطباخ الشمسي، ويكون ذلك عادة وسط النهار، وللتغلب على هذا القصور تم تطوير عدة أنواع من الطباخات الشمسية البسيطة منها ما يلي:

● الطباخ ذو المرآة الواحدة

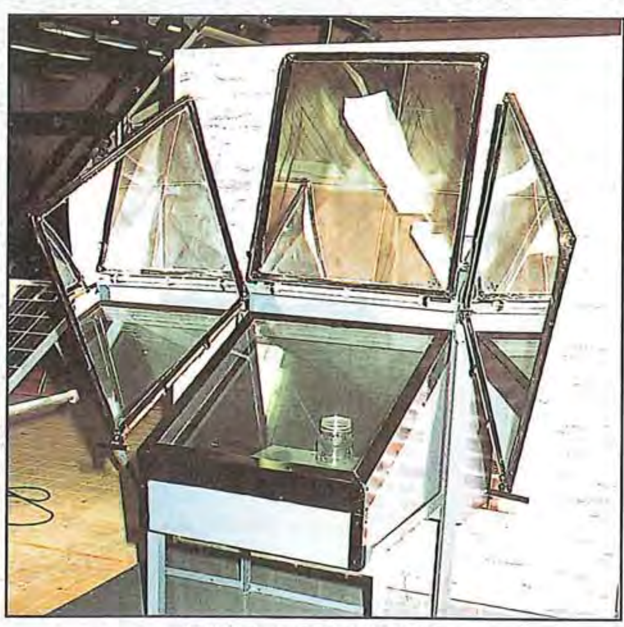
توضح الصورة (١) طباخ شمسي ذو مرآة واحدة تتيح له العمل دون الإعتماد على الزاوية التي تسقط بها أشعة الشمس، وليس بالضرورة أن تكون الأشعة عمودية، ولكن يجب فقط أن تنعكس أشعتها من المرآة إلى صندوق الطباخ، وقد زودت المرآة برافع يمكن بوساطته تغيير زاوية ميل المرآة مع تغير فصول السنة حتى يتم عكس الأشعة الشمسية في كل الأوقات إلى الصندوق، أي أن هناك متابعة فصلية سواءً كان في الشتاء أو في الربيع أو في الصيف أو في الخريف.

وقد زود الطباخ كذلك بجهاز يمكنه من متابعة الشمس أثناء اليوم الواحد وذلك بالدوران حول محوره الرأسي لكي يستقبل الشمس مع حركتها الدائبة في السماء.

يعاب على هذا النوع من الطباخات الشمسية ضرورة وقوف الشخص الذي يقوم بتحريك المرآة، أو من يتولى الطهي، والخروج عدة مرات لمتابعة الشمس، مما يمثل عبئاً ثقيلاً في استخدام هذا النظام.

● الطباخ ذو المرايا الثلاث

تبين الصورة (٢) طباخ شمسي ذو ثلاث مرايا يتم ضبطها لإستقبال أشعة الشمس من الشروق إلى الغروب، وبذلك يتم تقريباً متابعة الشمس طوال النهار دون الحاجة إلى تعديل وضع الطباخ نفسه، ولكي تعطي المرايا أفضل النتائج فإن الأمر يحتاج - في البداية - إلى دراسات ميدانية لتحديد أنسب الأوضاع، حيث لا يوجد طرق حسابية (نظرية) يمكن



● صورة (٢) الطباخ ذو المرايا الثلاث.

تطبيقهـا ، كما يجـب مراعـاة إختـلاف الأوضـاع من فصـل إلى آخـر.

ومع أن هذا التصميم حل إحدى المشاكل المهمة في الطباخات الشمسيـة البسيطة وهي متابعـة الشمس ، إلا أنـه لم يستطيع تـوفير درجـات الحرارة العاليـة الـلازمة لإنضـاج أنـواع معينـة من الطعـام ، ولم يحل مشكلـة تعرض المستخدم لحرارة الشمـس.

الطبـاخ ذو المجمـع البؤري

نتيجة لأن الطباخات الشمسية البسيطة لم تستطـع توفير درجـات الحرارة العاليـة اللازمة لإنضاج بعض أنـواع الأطعمة ، فإنه تـم تطـويـر أنـواع جـديـدة منهـا يمكـن بـوساطتهـا الحصول على درجـات الحرارة العـاليـة ، وذلـك بتركيـز أشعـة الشمـس بـإستخدام سطـح عاكـس لامع على شكـل قطـع ناقـص أو جزء مـن سطح كـروي أو عدسة لامـة ، ثم يعلق وعاء الطهـي في بؤرته الضوئيـة ، شكل (٢) ، إن مثـل هذا الطبـاخ لاشـك قـادر على رفـع درجـات الحرارة إلى حوالي ١٥٠ درجة مئوية ، لكنـه للأسف يفقد كثيراً منها في الجو ، لأنه معلق في الهواء.

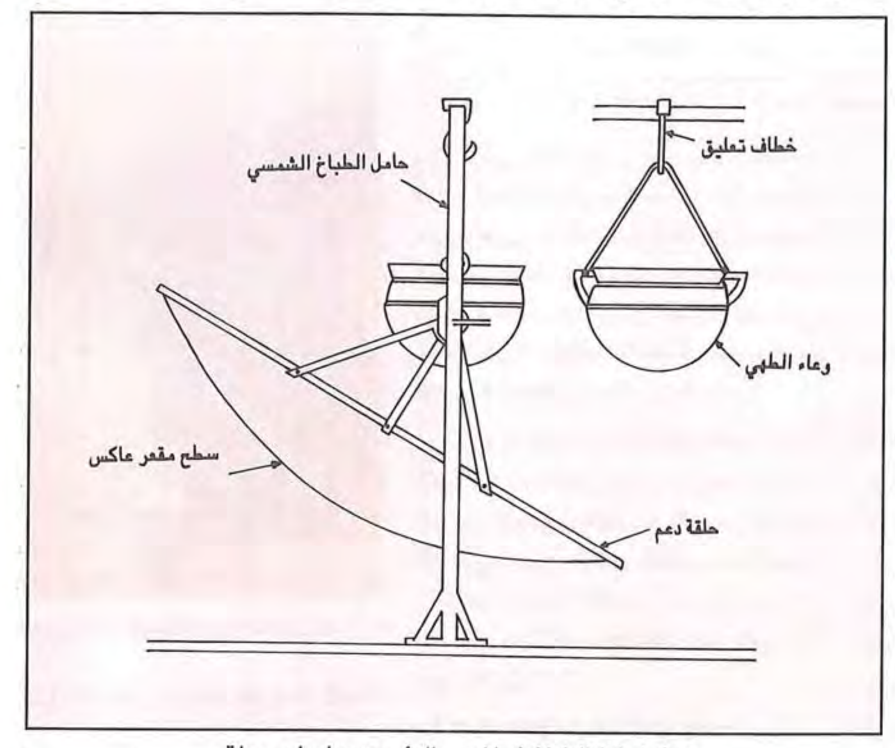
ولحل هذه المشكلة تم تطـوير طباخ آخر بحيث يتم وضع الإناء في داخل حيز معزول ومغلق له فتحـة عليها غطاء زجاجـي يسمح بتركيـز أشعـة الشمس على وعـاء الطهـي ، وهذا يؤدي إلى الحصـول على درجات حرارة أعلى من ١٥٠ درجة مئوية، الشكل (٣).

وبالرغـم من قدرة هذا النظـام على رفع درجـات الحرارة اللازمـة لتسخين وإنضاج الطعـام ، إلا أنـه يحتـاج لمتـابعـة متـواليـة للشمس ، فهو يفقد قـدرته تماما على إنضاج الطعام إذا لم يوجه دائماً إليها.

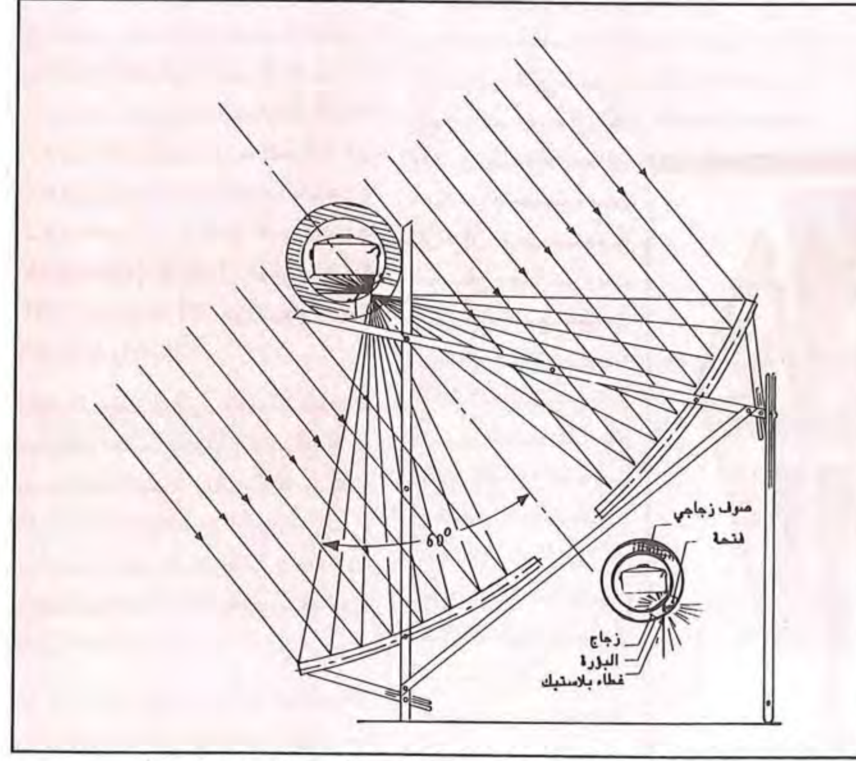
الطبـاخ ذو المتابعـة اليدويـة

يعمـل هـذا النـوع مـن الطبـاخـات الشمسيـة على حل بعض المشاكل والعيوب التي تواجه الأنـواع السابقة ومنها ضرورة بقـاء المستخدم في الشمـس ممـا يسبب لـه إرهاقاً وأضراراً صحية ، لذا فقـد تم تطوير طبـاخ يتلافى هـذه المشكلـة ، يتكون هـذا الطباخ مـن جزأيـن رئيسين أحدهما خـارج المنزل والثاني داخـل المـنزل .

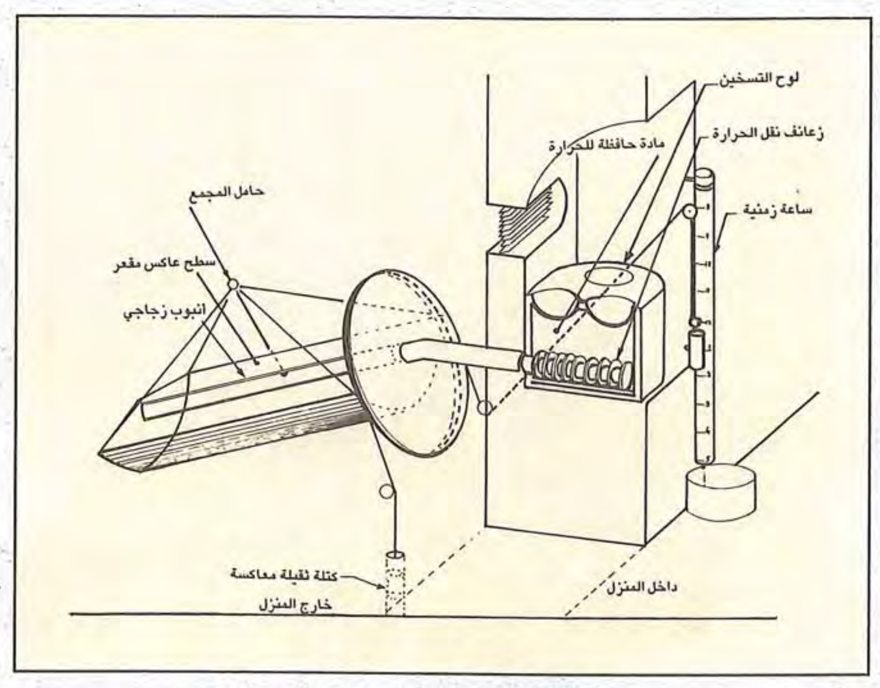
يتكـون الجزء الخارجـي كما في الشكل (٤) من مجمـع على هيئة قطع نـاقص ، ذو سطح لامع ، محاط بمواد عـازلة ، وله غطاء من زجـاج ، يُجَمِعْ الأشعـة على إنبوب يمـر متطابقاً مع الخط البؤري للمجمع. يُمْلأ هذا



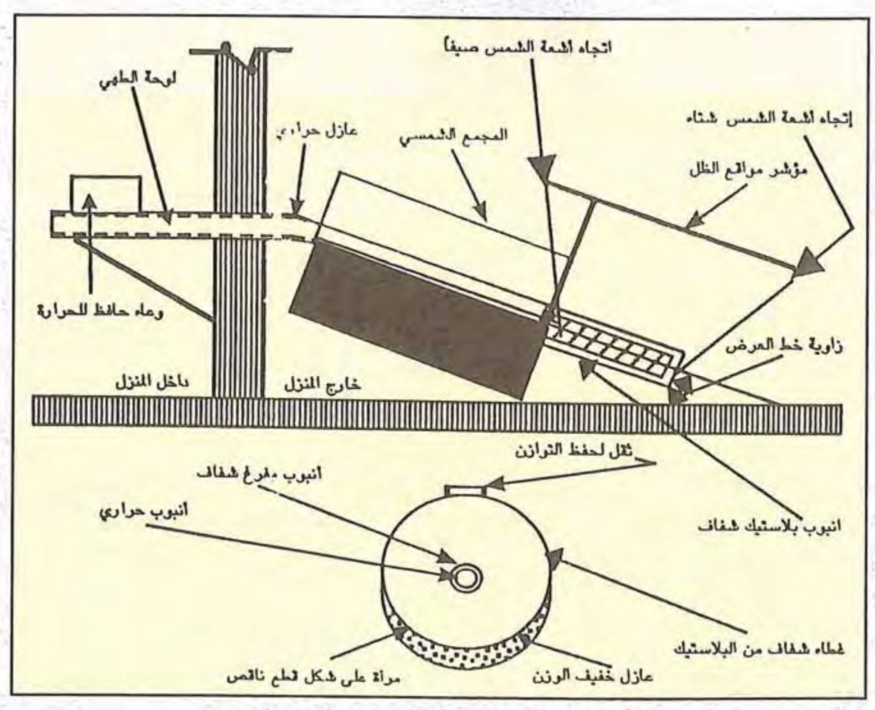
● شكل (٢) الطباخ ذو المجمع البؤري ووعاء طهي معلق .



● شكل (٣) الطباخ ذو المجمع البؤري وفرن مغلق ومعزول .



● شكل (٤) الطباخ الداخلي ذو المتابعة اليدوية .



● شكل (٥) الطباخ الداخلي ذو المتابعة التلقائية .

الأنبوب بمادة صلبة تحتاج إلى حرارة عالية لكي تتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة ، وبالتالي تختزن كمية كبيرة من الطاقة الحرارية ، فتنتقل إلى أعلى حيث الوحدة الداخلية ، وعندما تعود إلى الحالة الصلبة فإنها تطرد الحرارة المختزنة ، مؤدية إلى تسخين صفيحة التسخين في الوحدة الداخلية من الطباخ إلى درجة حرارة تصل إلى ١٢٠ درجة مئوية.

في داخل المنزل يتكون الطباخ من صندوق مملوء بنفس المادة ، حيث يمكن بوساطته تخزين الحرارة لعدة ساعات بعد غروب الشمس ، وتستطيع ربة البيت الطهي متابعة الشمس دون الحاجة للخروج خارج البيت ، وذلك عن طريق تحريك الثقل المعلق حتى يتوازى مع الساعة المسجلة على الذراع المدرج - داخل المنزل - والذي تم ضبطه مع حركة الشمس.

من عيوب هذا النظام أنه يحتاج من المستخدم متابعة شبه دائمة للشمس من داخل المنزل.

الطباخ ذو المتابعة التلقائية

يوضح الشكل (٥) طباخ شمسي داخلي تم تزويده بإزدواج معدني يدير المجمع تلقائياً - أي بدون تدخل المستخدم - لمتابعة الشمس بإستمرار نتيجة الإتزان الحراري.

الإزدواج المعدني يعني أن وضع مادتين مختلفتين في معامل تمددهما في مواجهة الشمس يؤدي إلى تولد قوة يمكن إستغلالها لإدارة المجمع الشمسي لكي يصبح مواجهاً للشمس.

تطوير الطباخات الشمسية

لقد أجريت تجارب ومحاولات كثيرة لتطوير الطباخات الشمسية ، بل تم إنتاج بعض أنواع منها على المستوى الصناعي، وفي إطار الأبحاث المنشورة عالمياً ومحلياً ، تم ما يلي :-

١- إرسال وفود من الخبراء إلى أفريقيا والهند للعمل على مقربة من المستخدمين لهذه الطباخات.

٢- إقامة مجمعات للطهي مجاناً في القرى.

٣- إجراء دراسات على أنواع الطعام لتلك المجتمعات وعاداتها المحلية.

ومع ذلك فقد كانت جميع النتائج مخيبة للآمال ، إذ فشلت جميع المحاولات لإقناع الناس بإستخدام هذه الوسائل وعادت الأمور إلى ماكانت عليه بمجرد رحيل فرق العمل التي قضت ستة أشهر مع المواطنين لدفعهم لاستخدام تقنية الطاقة الشمسية في الطهي.

لذا فإن إيجاد أفكاراً جديدة تختلف تماماً عن المنحى الذي اتخذه الباحثون هو الطريق الوحيد لإيجاد حل جذري لهذه المشكلة ، وقد يكون تبني فكرة الشمس كمرافق لحرق الخشب هو الحل الأمثل.



المجففات الشمسية

م. حمد الفارس

أنعم الله علينا بوجود الشمس لنستفيد منها ـ بجانب الدفء ـ كطاقة حرارية أو كهربائية يمكن تسخيرها في شتى ضروب الحياة .

وفي مجال الطاقة الحرارية لا يمكن إهمال دور الشمس في تجفيف المحاصيل الزراعية كوسيلة لخفض درجة رطوبة المحصول من أجل حفظه من التعفن كطريقة تخزين إقتصادية يُلجأ إليها في أوقات الوفرة لإطالة فترة بقاء المحصول للإستفادة منه في أوقات الندرة .

وقد بدأت وسيلة تجفيف المحاصيل مع بداية الزراعة عندما عرف الإنسان بفطرته أنه يمكن حفظ الحبوب من التلف بتعريضها لأشعة الشمس المباشرة لخفض درجة رطوبتها ثم وضعها في أوعية حفظ مناسبة ، وقد تعددت وسائل التجفيف واختلفت باختلاف الأزمنة والأمكنة ، ففي البداية كانت تعتمد على تعريض المحصول في العراء مباشرة لأشعة الشمس حتى يجف فيكون في هذه الحالة عرضة للأمطار والأتربة والحشرات .

أما في الأماكن التي يقل فيها الاشعاع الشمسي فقد كانت طرق التجفيف تعتمد على طاقة الكتل الحيوية وذلك بوضع المحصول في وعاء خاص يتم تعريضه إلى هواء حار صادر نتيجة حرق الأخشاب أو غيرها من الكتل الحيوية ، وقد تطورت هذه الطريقة باستخدام الأفران الحرارية التي تعتمد على الغاز أو الكهرباء كمصدر للطاقة ، وزودت هذه الأفران بوحدات تحكم في درجة الحرارة لابقائها عند درجة الحرارة المناسبة للتجفيف ، لأن زيادتها عن حد معين قد يؤدي إلى خفض القيمة الغذائية للمحصول وربما حرقه .

ولا يخفى على القارىء المآخذ التي تثار على استخدام الأفران المذكورة في تجفيف المحاصيل ، كارتفاع تكلفتها وإنعكاس ذلك على تكلفة إنتاج المحاصيل ، وكذلك لموسمية استخدامها ، ولمحدودية المحاصيل التي تحتاج إلى تجفيف ، اضافة إلى ذلك تأثير هذه التقنية على البيئة لاعتمادها على الوقود الأحفوري الذي لا تخفى آثاره على المدى الطويل .

من أجل ذلك كله بات من الأجدى البحث عن طريقة لتجفيف المحاصيل الزراعية لتلافي المآخذ المشار إليها ، ويشترط في الطريقة البديلة اعتمادها على تقنية بسيطة وزهيدة الثمن لتصبح في متناول الجميع ليسهل اقتناؤها وتشغيلها بكل يسر .

ونظراً لتوفر الطاقة الشمسية في أرجاء كبيرة من المعمورة فقد يبدو أن من البديهي استغلالها في تجفيف المحاصيل الزراعية خاصة وأنها مصدر رخيص لطاقة نظيفة . يتناول هذا المقال تقنية أفران تعمل بالطاقة الشمسية (مجففات شمسية) لتجفيف المحاصيل .

ومما يجدر ذكره أن المجففات الشمسية هي أجهزة ذات تقنية بسيطة تنحصر مهمتها فيما يلي :-

* تخفيض درجة رطوبة بعض المحاصيل الزراعية والتي منها الحبوب (القمح والارز) ، والفواكة (الموز والتمور) ، والخضار (الطماطم) ، والنباتات الجذرية (الجزر) ، والبقول (الفول السوداني) وغيرها .

* توفير جو ملائم لمواصلة عملية التبخر الطبيعية عندما تكون الظروف الجوية (حرارة ، رطوبة ، سرعة رياح) غير مناسبة لإتمام عملية التجفيف طبيعياً مثل إنخفاض درجة حرارة الجو وإرتفاع الرطوبة النسبية .

تعمل المجففات الشمسية على توفير الظروف الجوية المناسبة للتجفيف إما عن طريق رفع درجة حرارة المواد المراد تجفيفها داخل المجففات التي تعمل على إستقبال وحفظ الطاقة الشمسية ، أو رفع درجة حرارة الهواء الذي يمر خلال هذه المواد .

ويتيح رفع درجة الحرارة داخل هذه المجففات إمكانية تكوُّن تيار هوائي طبيعي وانخفاض الرطوبة النسبية فيها .

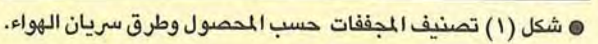
أجزاء المجففات الشمسية

تتركب المجففات الشمسية – بوجه عام – من ثلاث وحدات (أجزاء) رئيسة هي : وحدة التسخين ووحدة التجفيف ووحدة تحريك الهواء داخل المجفف ، وتختلف هذه الوحدات عن بعضها البعض حسب نوع المجفف وذلك كما يلي :-

● وحدة التسخين

وحدة التسخين هي الجزء الذي يستقبل أشعة الشمس ويحتفظ بالطاقة الحرارية اللازمة لتسخين الهواء الذي يمر عليها لينطلق إلى وحدة التجفيف ، ولذلك فهي في العادة عبارة عن سطح بلاستيكي (لدائني) أو فلزي (معدني) داكن اللون لإمتصاص أكبر قدر ممكن من حرارة الشمس (الطاقة الشمسية) الساقطة عليه مباشرة .

ويغطى هذا السطح بغلاف بلاستيكي شفاف يعمل على رفع درجة الحرارة بالداخل ثم يمرر عليه الهواء الذي يتجه بعد تسخينه إلى وحدة التجفيف . ويمكن أن تكون هذه الوحدة إما في وضع أفقي حيث أنها في هذه الحالة لا تحتاج إلى تجهيزات كثيرة في تركيبها لأنها ستكون ممتدة على سطح الأرض ، وأما في وضع مائل لزيادة مردودها الحراري .



● شكل (١) تصنيف المجففات حسب المحصول وطرق سريان الهواء.

● وحدة التجفيف

تأتي وحدة التجفيف على عدة أشكال حسب نوع المجفف ، فهي قد تشبه في شكلها وتركيبها وحدة التسخين (سطح بلاستيكي أو معدني داكن مغطى بغلاف بلاستيكي شفاف) ، أو قد تكون عبارة عن غرفة بداخلها عدد من الشِّبَاك المعدنية توضع بها المواد المراد تجفيفها ، وللغرفة باب جانبي يفتح عند التعبئة والتفريغ .

كذلك يمكن أن تكون وحدة التجفيف عبارة عن برج بداخله أنبوب يحوي صفوف من الألواح المعدنية المائلة (على شكل زعانف) تعبأ بالمحصول المراد تجفيفه بوساطة آلية خاصة تقوم برفعه من قاع البرج إلى أعلاه .

● وحدة تحريك الهواء

تختلف وحدة تحريك الهواء حسب وفرة الطاقة التي تحركها ، فعندما يتعذر إستخدام الطاقة الكهربائية لتشغيل مراوح تحريك الهواء يمكن تركيب قناة عمودية – تشبه المدخنة – في نهاية المجفف تكون مهمتها سحب الهواء المحمل بالرطوبة من المجفف ودفعه إلى الخارج ، وذلك إعتماداً على أن الهواء الحار سيصعد إلى أعلا بسبب قلة كثافته مقارنه بالهواء البارد المحمل بالرطوبة .

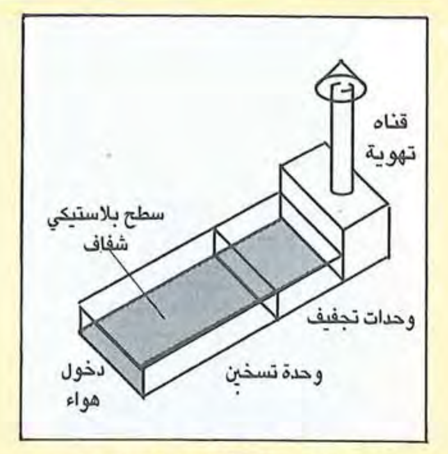
أما إذا توفر مصدر كهربائي رخيص فإن الوحدة تزود بمروحة تعمل على دفع الهواء ، وتدور المروحة إما بسرعة ثابتة أو متغيرة عن طريق وحدة تحكم تعمل على انقاص سرعتها أو زيادتها أو إيقافها كلية حسب درجة الحرارة المطلوبة .

انواع المجففات الشمسية

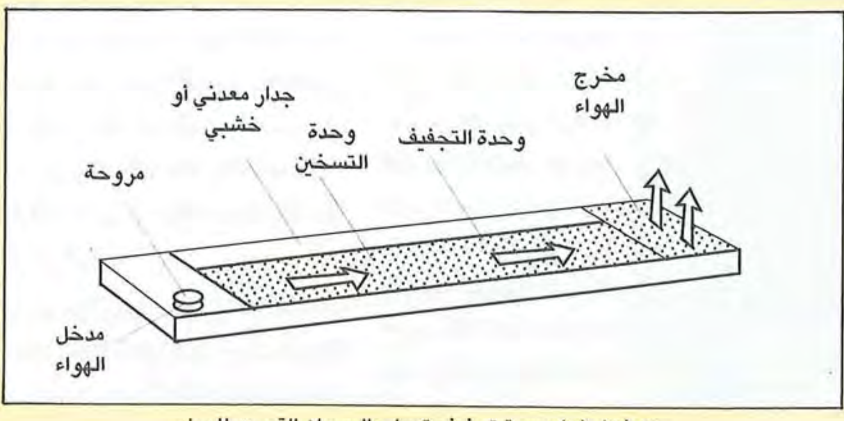
تختلف المجففات الشمسية تبعاً لتنوع المحاصيل الزراعية ، فهناك مجففات برجية لتجفيف المحاصيل ذات الثمار الحبيبية (الحبوب والبقول وماشابهها) ، وهناك مجففات مستوية لتجفيف المحاصيل ذات الحجم الكبير (الخضار والفاكهة والتمور) ، وكذلك تختلف المجففات الشمسية تبعاً لمصدر الطاقة اللازم لتحريك الهواء داخلها ، ففي المناطق النائية حيث لا يوجد مصدر كهربائي لتحريك تيار الهواء داخل المجفف يستعاض عن الكهرباء بتطبيق مبدأ السريان الطبيعي ، أما في حالة توفر مصدر كهربائي رخيص فيمكن استخدام مراوح تعمل على دفع الهواء بطريقة قسرية أي ما يسمى بالسريان القسري. ويوضح شكل (١) مخططاً لهذه المجففات حسب نوع المحصول أو الطاقة اللازمة لتحريك الهواء .

● مجففات الخضار والفاكهة

يستخدم في هذا النوع من المجففات



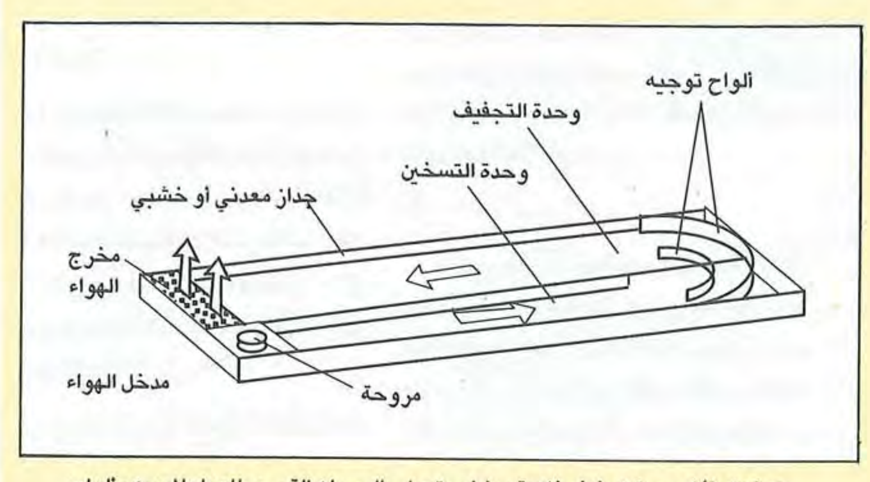
● شكل (٢) وحدة تجفيف تعمل بالسريان الطبيعي.



● شكل (٣) وحدة تجفيف تعمل بالسريان القسري للهواء.

وحدات تجفيف مستوية (سطحية) توضع فيها محاصيل الثمار الكبيرة (التمر ، الخضار ... إلخ) حيث يمرر عليها هواء ساخن صادر من وحدة التسخين إما عن طريق السريان الطبيعي وإما عن طريق مروحة كهربائية . يوضح الشكل (٢) مجفف للخضار والفاكهة ، حيث يدخل الهواء إلى وحدة التسخين ويمر خلال وحدة التجفيف التي يوضع بها المحصول المراد تجفيفه ، ثم إلى الخارج من خلال قناة التهوية حاملاً معه بخار الماء ليتم بذلك تجفيف المحصول .

ويوضح الشكل (٣) وحدة تجفيف مستوية يندفع فيها الهواء بوساطة مروحة كهربائية (وحدة تجفيف قسري) ماراً بوحدة التسخين ثم إلى وحدة التجفيف وأخيراً إلى الخارج من خلال أنبوب التهوية ، يوضح الشكل (٤) نوعاً آخر من وحدة التجفيف القسري لمحاصيل الخضار والفاكهة ، وتختلف هذه الوحدة عن الوحدة المذكورة في شكل (٣) بأن الهواء يُضخ من المروحة ويمر خلال وحدة التسخين ثم إلى وحدة التجفيف عن طريق الواح توجيه ثم يخرج الهواء المشبع برطوبة المحصول إلى الخارج .

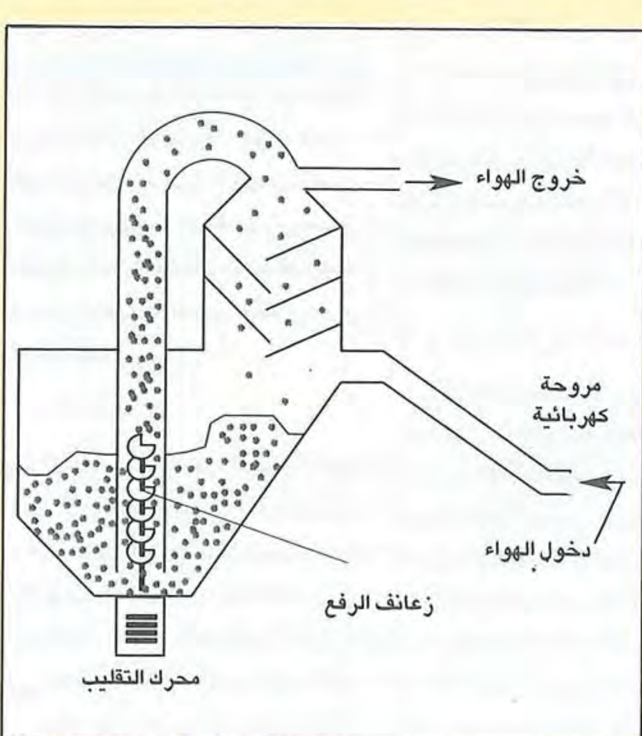


● شكل (٤) وحدة تجفيف فاكهة وخضر تعمل بالسريان القسري للهواء الموجه بألواح.

● مجففات الحبوب والبقول

تستخدم في هذه المجففات وحدات التجفيف البرجية حيث تنثر محاصيل الحبوب والبقول داخل البرج الذي يحتوي إما على صفوف من شباك معدنية ترص فوق بعضها البعض في وضع أفقي أو صفوف من صفائح معدنية مائلة وذلك حسب مصدر طاقة تحريك الهواء ،

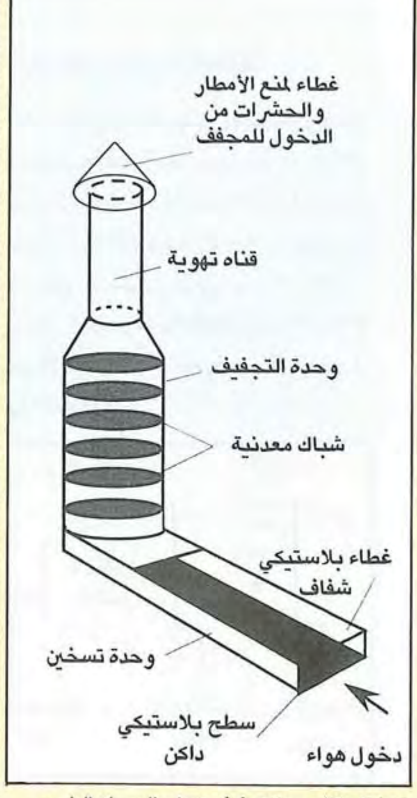
يوضح شكل (٥) مجفف برجي يعتمد على السريان القسري للهواء ، حيث تعمل مروحة كهربائية على سحب الهواء الساخن



● شكل (٥) وحدة تجفيف حبوب تعمل بالسريان القسري للهواء.

داخل وحدة التجفيف التي تحوي صفائح مائلة مليئة بالمحصول. وتزود الوحدة بمحرك يعمل على تقليب المحصول أثناء مرور الهواء وذلك عن طريق زعانف ترفع الثمار من قاع البرج إلى أعلاه لتنزل على الصفائح المائلة فتنزلق واحدة بعد الأخرى تحت تأثير الوزن، ويخرج الهواء إلى الخارج محملاً ببخار الماء ومن ثم تتواصل العملية حتى يصل المحصول إلى درجة الرطوبة المطلوبة.

ومن جانب آخر يوضح شكل (٦) مجفف حبوب برجي يعتمد على السريان الطبيعي للهواء حيث يدخل الهواء داخل وحدة التسخين التي ترفع من درجة حرارته فيتمدد وبالتالي تنخفض كثافته فيصعد إلى وحدة التجفيف ماراً بالشباك المعدنية التي تحوي المحصول واحدة تلو الاخرى، وأثناء سيره يعمل على تبخر الماء الموجود في المحصول ليخرج بخار الماء إلى الخارج من خلال قناة التهوية.



● شكل (٦) وحدة تجفيف تعمل بالسريان الطبيعي.

عالم في سطور

أ. د. دينيس بارنل سوليفان
Dennis Parnell Sullivan

● **الإسم :** دينيس بارنل سوليفان

● **الجنسية :** أمريكي

● **تاريخ الميلاد :** ١٩٤١م

● **مكان الميلاد :** متشجان (Michigan) أمريكا.

● **المؤهلات العلمية :**

* بكالريوس الرياضيات، جامعة رايس، عام ١٩٦٣م.

* دكتوراه الفلسفة في الرياضيات، جامعة برنستون، عام ١٩٦٥م.

● **السجل الوظيفي :**

* استاذ مساعد ثم استاذ مشارك بجامعة برنستون.

* استاذ بمعهد ماساشوستس للتقنية بجامعة هارفرد.

* استاذ زائر بجامعة كولورادو.

* استاذ دائم بمعهد الدراسات العلمية العليا بفرنسا منذ عام ١٩٧٤م.

* استاذ كرسي ألبرت أينشتاين للرياضيات بكلية كوينز وكلية الدراسات العليا في جامعة مدينة نيويورك منذ عام ١٩٨١م.

* نائب رئيس الجمعية الأمريكية للرياضيات.

● **الإنجازات العلمية :**

* نشر مايزيد على مئة بحث علمي.

* تطوير الكثير من أدوات التبولوجيا الجبرية.

* الاسهام في إيضاح بنية متعددات الطيات بالتعبير عن المتوالية المضبوطة.

* تصنيف عديدات الطيات المترابطة ذات الأبعاد العليا.

* تطوير النموذج الأصغري للتقريبات ذات القوى الصفرية للفضاءات.

* تحليل الدور الأساس الذي يلعبه جبر الأشكال التفاضلية وعلاقته بنوع وحدة المكان القياسي.

* القيام ببحوث تتعلق بتطبيقات الرواسم شبه المتشاكلة على النظم الحركية المركبة.

* تحليل ظواهر إعادة التطبيع وتعميمها باستخدام التطبيقات شبه المتشاكلة.

● **عضوية الجمعيات المهنية :**

* عضوية الأكاديمية الوطنية البرازيلية للعلوم، عام ١٩٨٣م.

* زمالة الاتحاد الأمريكي لتطوير العلوم، عام ١٩٩١م.

* زمالة الأكاديمية الأمريكية للآداب والعلوم، عام ١٩٩١م.

● **الجوائز :**

* جائزة أزولد فبلن في الهندسة من جمعية الرياضيات الأمريكية، عام ١٩٧١م.

* شهادة الشرف من جامعة وارويك، كفنتري، المملكة المتحدة، عام ١٩٨٤م.

* جائزة الخريج الممتاز، جامعة برايس، عام ١٩٨٨م.

* جائزة الملك فيصل الدولية في العلوم، عام ١٩٩٤م.

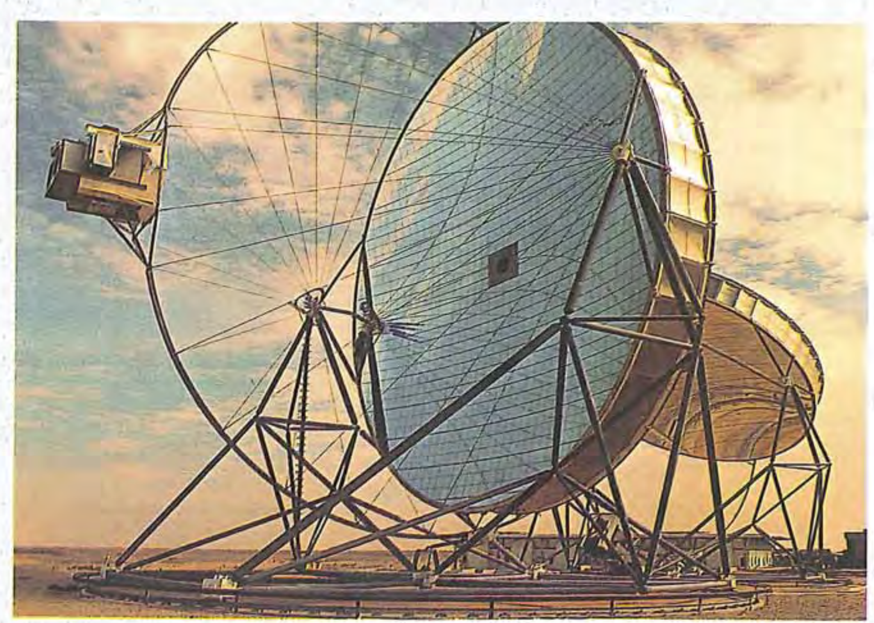
● المصدر :

- الفائزون بجائزة الملك فيصل العالمية (١٤١٤هـ - ١٩٩٤م).

المُرَكِّزَات الشمسية

م. محمود العجمي

تعرف المركِّزات الشمسية (SolarConcentrators) بأنها أجهزة خاصة لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أو كهربائية يمكن استخدامها لأغراض متعددة. وتصنف المركِّزات الشمسية تقنياً إلى مجموعتين رئيستين تعمل أحداهما في درجات الحرارة المنخفضة (٧٥ إلى ١٥٠ °م) وتستخدم في تطبيقات عديدة منها : سخانات المياه ، والتدفئة ، والمجففات ، والطباخات الشمسية وغيرها ، بينما تعمل الأخرى في مجال درجات الحرارة المرتفعة (أكثر من ١٥٠ °م) وتسمى أحياناً بالنظم المتقدمة للطاقة الشمسية ومن أهم تطبيقاتها المحركات الشمسية المستخدمة في توليد الطاقةالكهربائية .



يتناول هذا المقال الأسس والمبادىء التي يعتمد عليها عمل المركِّزات الشمسية والمعروفة بمبادىء التركيز الشمسي ، كما يتناول أنواعها الرئيسة واستخداماتها العملية ، كما سيتم عرض بعض نشاطات **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** في هذا المجال وخاصة في تطبيقات الطاقة الشمسية المستخدمة في إنتاج الكهرباء في المناطق النائية .

التركيز الشمسي

يتم إستخدام أسطح خاصة ــ تتمتع بخصائص ومميزات ضوئية جيدة كالإنعكاس والإنكسار والبعد البؤري ـ لتجميع أشعة الشمس الواردة إليها بوساطة آلية التركيز الضوئي للحصول على درجة الحرارة المناسبة ، شكل (١) ، وتختلف شدة التركيز الشمسي (Cr) من جهاز إلى آخر حسب المساحة الظاهرية للمركِّز (Ac) ، والمساحة الفعلية الماصة (Ar) عند البعد البؤري ، كما في العلاقة التالية :

$$\text{التركيز الضوئي} = \frac{\text{المساحة الظاهرية للمركز}}{\text{المساحة الفعلية الماصة}}$$

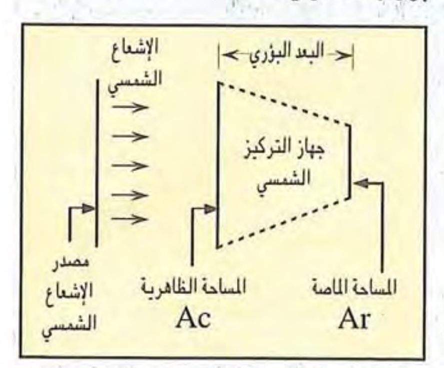
وهذا يعني أنه كلما كان السطح الماص صغيراً كلما كان معامل التركيز الشمسي كبيراً ، غير أن هناك شروطاً محددة يصعب فيها زيادة التركيز الضوئي (CR) بصورة كبيرة جداً ، ويمكن الوصول عملياً إلى عشرات أو مئات أو آلاف المرات لشدة التركيز الشمسي ، وهذه القيم الكبيرة للتركيز الضوئي تستخدم عادة في تطبيقات الأفران الشمسية . لذا فإن دراسة الأبعاد الهندسية للمساحتين الظاهرية والماصة لأي نظام تركيز شمسي يتطلب تحديدها بصورة دقيقة .

مكونات المركِّز الشمسي

يتكون المركز الشمسي من الأجزاء التالية:-

● مجموعة سطح الإلتقاط

تتكون مجموعة سطح الإلتقاط إما من مرايا عاكسة مقعرة ، أو مستوية ، أو ذات مقاطع هندسية مختلفة كالإسطوانية والكروية وشبه الكروية ، وإما من عدسات ضوئية مثل عدسات فريزنيل (Fresnal) ، وتقوم هذه المجموعة بإلتقاط ونقل الإشعاع الشمسي إلى الوسط الحراري الموجود في بؤرتها الضوئية .



● شكل (١) المبدأ الرئيس للتركيز الشمسي

● **الوسط الحراري**

الوسط الحراري عبارة عن سائل أو غاز يتم وضعه في المحرك عند نقطة البؤرة (نقطة تجميع الإشعاع)، وهو الوسط المادي المسؤول عن نقل وتخزين الطاقة الشمسية.

● **الأجهزة المرتبطة المساعدة**

الأجهزة المساعدة للمُركّز الشمسي هي عبارة عن معدات ميكانيكية وكهربائية وإلكترونية تعمل على تنظيم وتشغيل المركّز الشمسي.

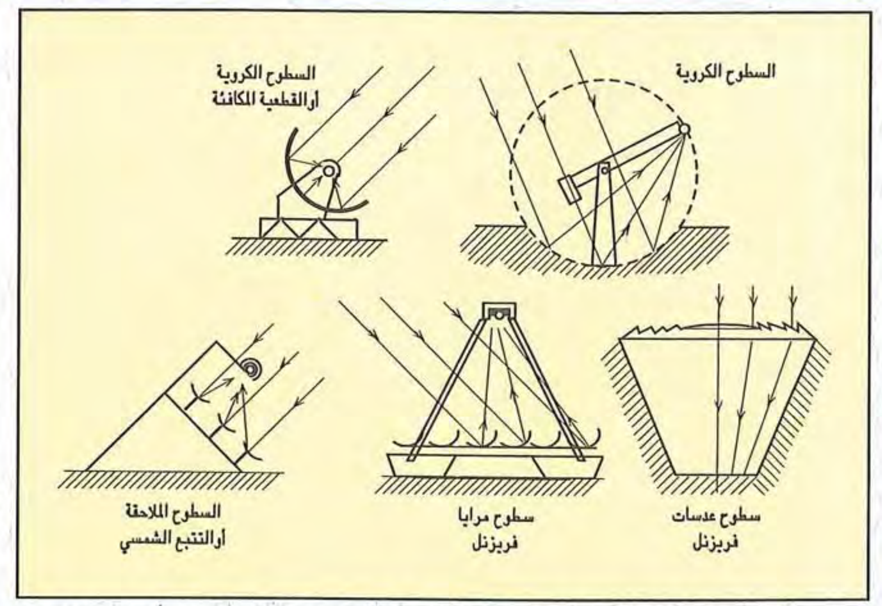
آلية عمل المركّز الشمسي

تسقط الأشعة الشمسية على السطح العاكس للمرآة فتنعكس أو على العدسة فتنكسر، وتتجمع الأشعة الشمسية على السطح الماص في البؤرة الضوئية مؤدية إلى تسخين الوسط الحراري وبالتالي دوران المحرك، و تلعب الزوايا التي يسقط بها الإشعاع الشمسي والشكل الهندسي لسطح المُركّز دوراً هاماً في سرعة حركته. وبوجه عام يعد نصف قطر انحناء المقاطع الهندسية المذكورة في مجموعة سطح الالتقاط عاملاً هاماً من حيث تأثيره على تصميم نظم المُركّزات الشمسية. ويوضح الشكل (٢) بعض الأشكال والمقاطع الهندسية المعروفة في طرق تركيز الإشعاع الشمسي، وكذلك مسار الأشعة الشمسية الواردة والمنعكسة.

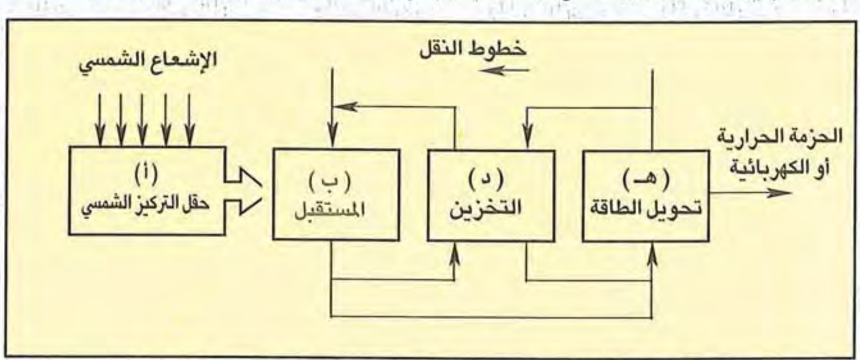
نظم المَركّزات الشمسية

تعمل المُركّزات الشمسية على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أو كهربائية من خلال مراحل عديدة تبدأ باستقبال الإشعاع الشمسي وتنتهي بالمستخدم، شكل (٣).

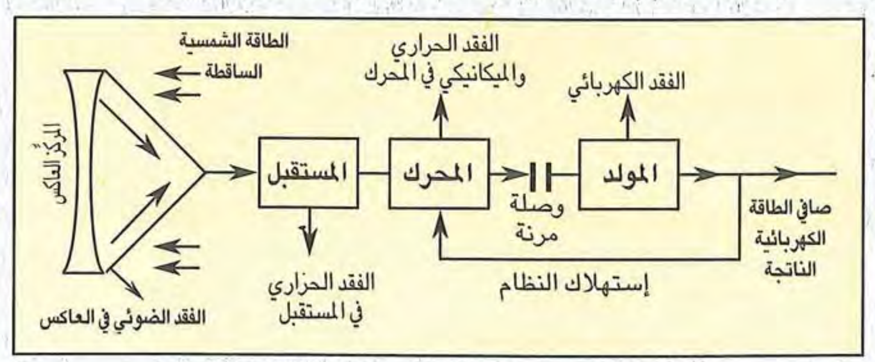
ومما يجدر ذكره أنه لايمكن تحويل معظم الطاقة الشمسية الساقطة على المركزات الشمسية إلى طاقة كهربائية مفيدة نظراً لوجود الفواقد المختلفة أثناء مراحل تحويل الطاقة وخاصة في العاكس والمستقبل والدورة الحرارية للمحرك وكذلك الفقد الكهربائي في المولد وغيرها. يوضح الشكل (٤) توزيع الطاقة الحرارية



● شكل (٢) بعض الأشكال والمقاطع الهندسية لنظم المركزات الشمسية ومسار الأشعة الواردة والمنعكسة.



● شكل (٣) مراحل تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية كهربائية.



● شكل (٤) خطوات تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية مفيدة.

وتدرجها أثناء تحويلها إلى طاقة كهربائية مفيدة.

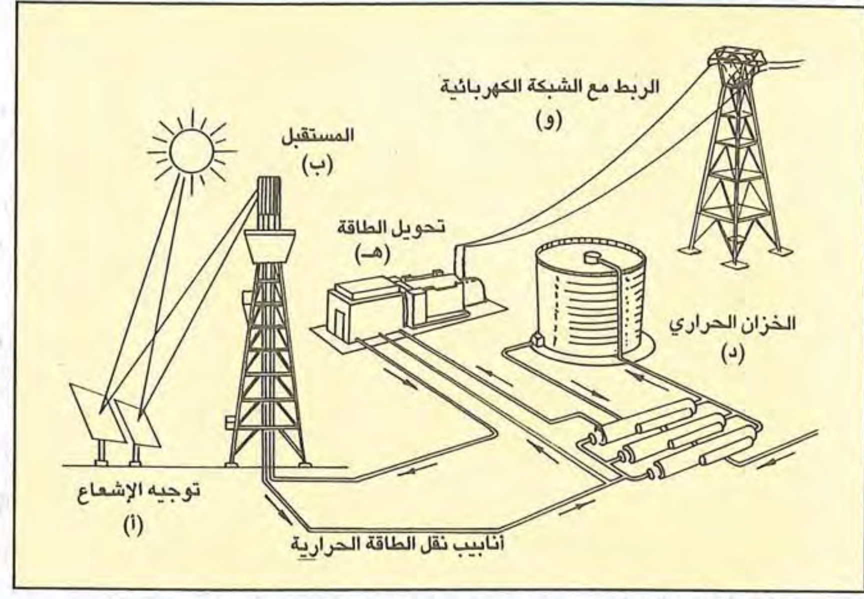
تختلف المركزات الشمسية عن بعضها البعض في طريقة نقل وتحويل الطاقة الشمسية وذلك كما يلي:

● **النظم البرجية**

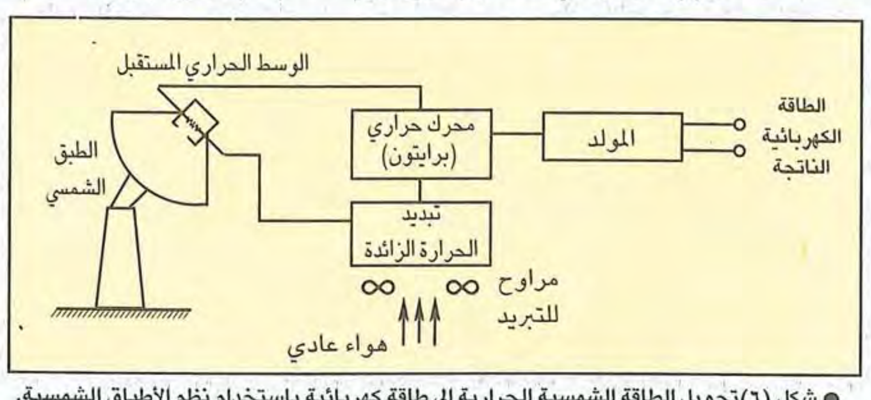
تتكون النظم البرجية من حقل من أجهزة التقاط أشعة الشمس (كالمرايا مثلاً) التي تعمل على تركيز الإشعاع الشمسي إلى قمة البرج حيث يوجد عندها الوسط الحراري، ويوضح الشكل (٥) مثالاً نموذجياً لمحطة توليد برجية بقدرة ٥٠ ميجاوات.

● **نظم الأطباق**

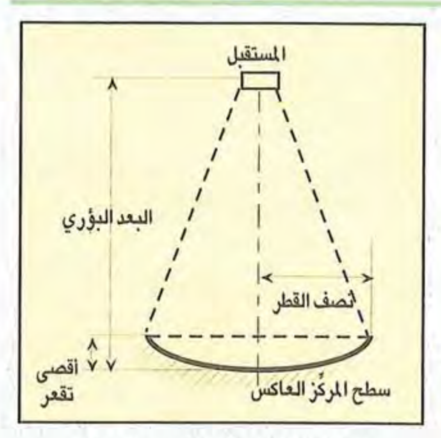
تعد نظم الأطباق من أشهر نظم المُركّزات الشمسية في تحويل الطاقة



● شكل (٥)مثال نموذجي لمحطة توليد كهربائية باستخدام نظم التركيز البرجية.



● شكل (٦)تحويل الطاقة الشمسية الحرارية إلى طاقة كهربائية بإستخدام نظم الأطباق الشمسية.



● شكل (٧) الطبق الشمسي الحراري

الشمسية ، وتتكون عادة من مجموعة السطح العاكس والسطح الماص مدعمة بمحركات حرارية تعمل في مجال درجات حرارة من ٥٠٠ ـ إلى ٨٠٠°م ، . حيث تقوم بتحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية مفيدة ، وتنتج هذه الأطباق طاقة كهربائية مقدارها ٥ ، ١٠، ٥٠ كيلو وات . ومن أشهر دوائر تحويل الطاقة الحرارية بوساطة الأطباق الشمسية دائرتي برايتون واستيرلينج ، ويوضح شكل (٦) مراحل تحويل الطاقة الشمسية إلى كهربائية باستخدام دائرة برايتون .

الأطباق الشمسية بالمدينة

قامت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** وضمن برنامج التعاون الدولي مع ألمانيا الاتحادية عام ١٩٨٣م في مجال الطاقة الشمسية بتركيب وإنشاء نموذج تجريبي يتكون من طبقين شمسيين بقدرة تصميمية ٥٠ كيلو وات لكل منهما ، وذلك في موقع القرية الشمسية بالقرب من مدينة الرياض .

يتكون الطبق الشمسي الحراري الموجود في القرية الشمسية من العاكس الشمسي ، والمحرك ، والهيكل الحديدي ، وأجهزة التحكم الآلي ، وفيما يلي توضيح لهذه المكونات :ـ

● العاكس الشمسي

يقوم العاكس الشمسي باستقبال أشعة الشمس وتجميعها في بؤرته الضوئية ، ويتكون من الأجزاء التالية :

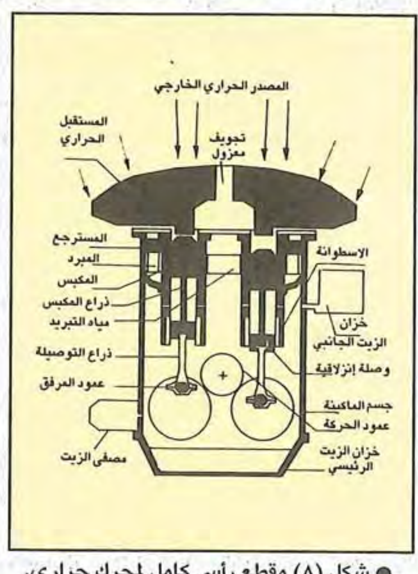
* **السطح الأمامي :** وهو قرص مقعر مصنوع من صفائح معدنية رقيقة ملصق عليها مرايا ذات سمك صغير ومعامل إنعكاس كبير ، ويشكل القرص بمجمله مرآة مقعرة ضخمة تعمل على عكس الأشعة الشمسية وتجميعها في المُستَقْبِل (السطح الماص) الذي يوضع في بؤرة الطبق ، شكل (٧) .

* **السطح الخلفي :** وهو عبارة عن قرص مقعر أو مستوي مصنوع من صفائح معدنية .

* **الإطار المعدني:** وهي عبارة عن إطار حديدي يشد السطح الأمامي والسطح الخلفي لتكوين حيز مغلق بينهما .

* **مضخة تفريغ الهواء :** تستخدم مضخة التفريغ لسحب الهواء المحصور بين سطحي العاكس (الأمامي والخلفي) بصورة دائمة وذلك للإحتفاظ بالشكل المقعر للسطح الأمامي ، وللإبقاء عليه مشدوداً لمقاومة التيارات الهوائية وتغيراتها.

* **المحرك :** يعمل المحرك المستخدم في الطبق الشمسي الحراري (من نوع استرلينج) ، شكل (٨) ، على تحويل الطاقة



● شكل (٨) مقطع رأسي كامل لمحرك حراري.

الشمسيـة الحراريـة إلى طاقـة ميكـانيكيـة حركية .

يبـدأ تشغيـل المحـرك بتحـريـك غـاز التشغيل من الجانب الساخـن لأحد المكابس إلى الجانـب البارد للمكبس المجاور مـروراً بأنـابيب التسخين الموجودة في المستقبـل ثم إلى وحدة المسترجع الحراري والمبرد كما هو موضح في الشكل (٩) .

ونظرياً تتلخص آلية عمل المحرك ضمن أربعة أشـواط رئيسة هي شـوط الإنضغاط (١ـ٢) وشـوط الإزاحـة (٢ـ٣) وشـوط التمـدد (٣ـ٤) وشـوط الإزاحـة (٤ـ١) وهكذا ، كما هو موضح في مخططات تغيرات الضغط ـ الحجـم (V - I) في الشكل (١٠) . وتـوضـح الـدورة الفعليـة لـلاحتراق أن الانتقال مـن شوط لآخـر لايكون حـاداً كما توضحه الدورة النظـرية بل يحدث بصورة هادئة وناعمة دون تغيرات مفاجئة ، ولاشك أن هذا على حسـاب الكفاءة الحراريـة . ففي شوط الإنضغاط (١ـ٢) يتـم ضغط الغاز في الحيز البـارد بإنقاص حجمه فترتفـع درجة حرارته ، بعـدها يبدأ شوط الإزاحـة (٢ـ٣) حيث يمـر الغاز المضغوط القادم مـن الحيز البـارد في المسترجـع الحراري فيمتـص الحرارة المخزنة فيه فيـزيد الارتفاع في درجة حرارته ، ويزيـد ضغطه بنسبة كبيرة ، وكل ذلك يتم عند حجم ثـابت للغاز . أما في شوط التمدد (٣ـ٤) فينتـج عن الارتفاع الحاد في درجة الحرارة والضغـط اللذان يتسببـان في دفع الغاز من المكبس إلى أسفل فيقل ضغطه ودرجة حـرارته ، وفي شوط الإزاحـة (٤ـ١) ينتقل الغاز من الجانـب الساخن إلى الجانب البارد مـن المكبس المجاور ماراً عبر أنـابيب التسخين فيمتـص جـزءاً مـن الحرارة ويـودعها في المسترجـع ، ثـم يتم تبريـده في المبرد وبالتـالي يصل إلى الحيز البـارد ويقل ضغطه ودرجة حرارته تحت حجم ثابت .

ومما يجدر ذكـره أن هذا المحـرك يشبه المحـركـات التقليديـة (محركـات الاحتراق الداخلي) من حيـث الانضغاط والتمدد ، إلا إنه يختلـف عنها في أنـه يعتمد على مصـدر خارجـي للحرارة ولـذلك فـإنه يتميـز عنها فيما يلي : ـ

ـ استمرار المصدر الحراري .

ـ وجـود المصـدر الحراري خارج المحـرك وليـس بـداخلـه ، ومـن الممكـن استخـدام مصـادر الـوقـود المختلفـة (بنـزيـن ، كيروسين ، فحم ، شمس.... إلخ)

ـ دائرتـه الحرارية مغلقـة أي ليـس هنـاك عادم ولـذا يمكن استخدام غازات مثـل غاز الهيليوم أو الهيدروجين لتشغيله .

ـ وجـود وصـلات نقل حركـة تتعامـل مع الحركـة الترددية للمكـابـس وتحولها إلى حركة دائرية .

● الهيكل الحديدي

الهيكـل الحديـدي عبـارة عـن هيكـل معدني يحمل الطبـق الشمسي على محورين بحيث يمكـن متابعـة الشمس مـن الشروق وحتـى الغـروب ، ويمكـن تحريـك الطبـق يدوياً أو آليـاً حيث يثبت الهيكل على قـاعدة دائرية الشكل تدور في اتجاه أفقـي بوساطة محرك كهـربـائي ، ويعمل الهيكل المعدني على توجيـه الطبـق الشمـسي بإحـدى الآليتين التاليتين :ـ

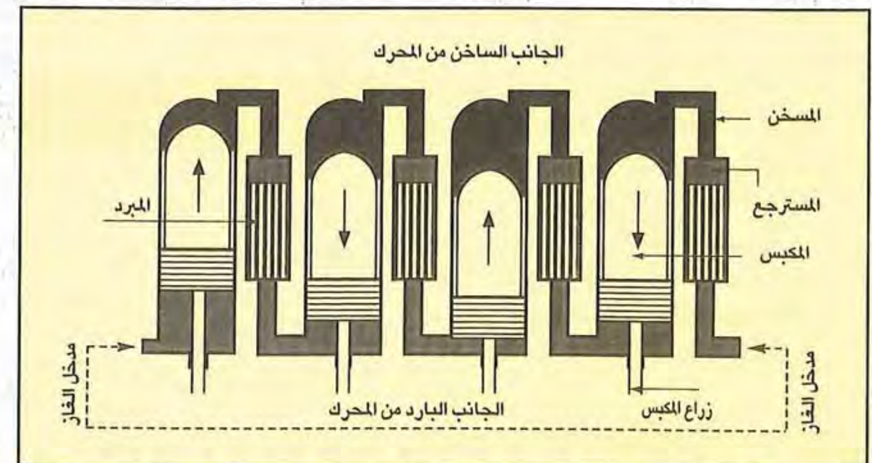
* **أحادية التـوجيه :** أي ان الحركة تحدث بزاويـة واحـدة مـن الشـرق إلى الغـرب (Azimuth) حول محور ثـابت بـزاوية مـع سطـح الأرض تختلـف مـن مكـان إلـى آخـر (الرياض ٢٤ درجة) .

* **ثنـائيـة التـوجيـه :** أي أن الحـركة تحـدث بزاويتين مـن الشرق إلى الغـرب (Azimuth & Elevation) مع التغير في زاوية المحور مع الأرض.

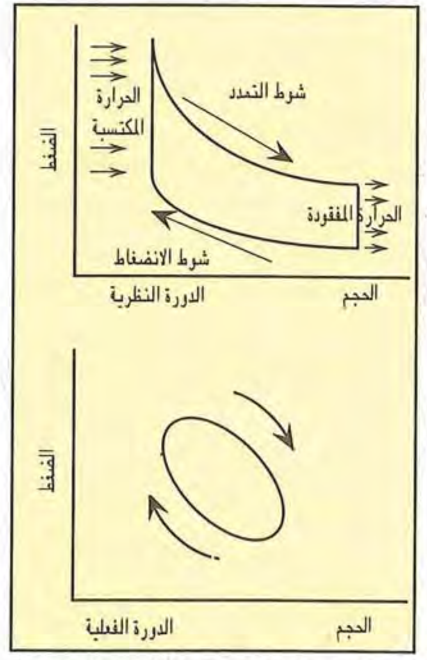
● أجهزة التحكم الآلي

يتم التحكـم في تشغيل الطبـق الشمسي عـن طـريـق وحـدتين رئيستين هما وحـدة التوجيه ووحدة تشغيل المحرك والمولد معاً . تعمل وحـدة التوجيـه على متابعـة الشمس وتكـون مرتبطـة بنظـام حـاسب آلي دقيـق يـرصد مـوقـع الشمـس (زاوية الانحـراف شرقـاً وغربـاً وكذلـك الارتفـاع ..) ويوجـه الطبق إليها في أي اتجاه .

مـن جانـب آخر تقـوم وحدة التشغيـل بإصـدار الأوامر لبدء تشغيل المحـرك وفتح وإغلاق الصمامـات المختلفة المرتبطـة بنقل الحرارة وتغير الضغط ، وكذلك ربط وفصل المولد عن الشـبكة الرئيسـة للكهرباء .



● شكل (٩) حركة المكابس في المحرك الحراري و إتجاه دخول وخروج غاز التشغيل.



● شكل (١٠) الدورة النظرية والدورة الفعلية لغاز التشغيل في المحرك



تخزين الطاقة الشمسية

د. سيد محمود حسنين
د. محمد الصالح سميعي

يستخدم الوقود الأحفوري (النفط ، الفحم ، الغاز الطبيعي ..) حالياً وبشكل واسع كمصدر للطاقة ، ونظراً للطلب العالمي المتزايد على هذا المصدر من الطاقة فإن مخزونه الإحتياطي أصبح يتناقص باستمرار. لذلك يحاول العلماء البحث عن مصادر بديلة ومناسبة للطاقة تمثل الطاقة الشمسية أهمها . غير أن تقنية الطاقة الشمسية لا تخلو من مشاكل يتمثل أهمها في طبيعتها المتغيرة ، إذ من الممكن أن لا يتزامن توفرها مع وقت الحاجة الملحة لها . ومن هنا تنبع أهمية تخزين الطاقة الشمسية كتقنية هامة لتوفير الطاقة في كل الأوقات حتى عند إحتجاب الشمس بالليل أو بسبب الغيوم والسحب ، كما أن التطوير في هذه التقنية يكتسب أهمية خاصة بسبب ما تتمتع به الطاقة الشمسية من مزايا أهمها أنها طاقة نظيفة ومتوفرة بقدر هائل وغير قابلة للنضوب بقدرة الله .

هناك عدة طرق لتخزين الطاقة الشمسية أهمها التخزين الحراري ، والكهربائي ، و الميكانيكي ، والكيميائي ، والمغناطيسي . ولكن يظل السؤال ماهي أفضل طريقة لتخزين الطاقة الشمسية التي تحقق الجدوى الإقتصادية المطلوبة ؟

يتناول هذا المقال استعراضاً لأهم نماذج تخزين الطاقة الشمسية بين بحوثها ، وتطورها ، وتجاربها الميدانية ، كما سيتم إعطاء مقارنة سريعة بين مختلف التقنيات المتوفرة في الوقت الحاضر .

يمكن تخزين الطاقة الشمسية لفترات قصيرة أو طويلة حسب متطلبات الطاقة ، ويرافق ذلك آليتان رئيستان معروفتان هما الشحن والتفريغ ، وعلى هذا الأساس يعتمد تصميم نظام التخزين على عدة متغيرات وعوامل أهمها : الإشعاع الشمسي ، ونوع وسط التخزين المستخدم ، ومقدار الفاقد في الطاقة المتبادلة أثناء التخزين ، وتكلفة معدات التخزين ، وأخيراً الحمل الحراري أو الكهربائي المطلوب .

يبين الشكل (١) مخططاً مبسطاً لأهم الطرق والنماذج الممكنة لتخزين الطاقة الشمسية .

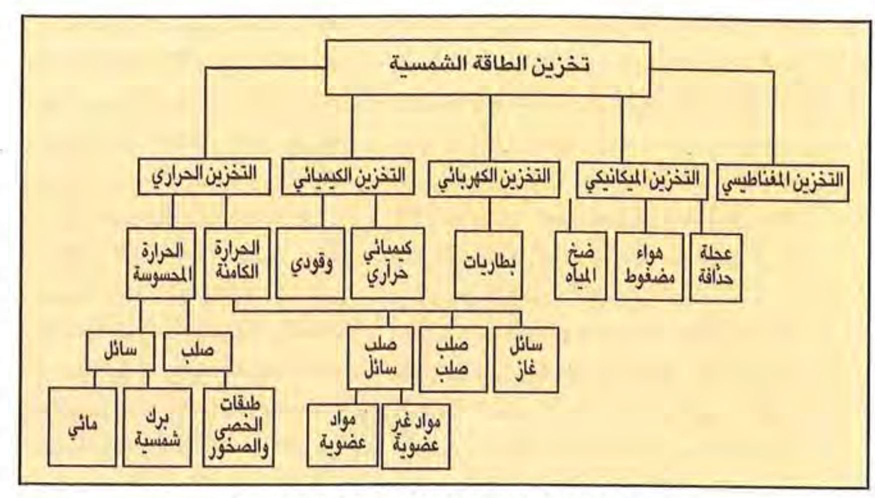
التخزين الحراري

يتم عادة تخزين الحرارة بطريقتين معروفتين الأولى ترتبط بتخزين الحرارة المحسوسة المتراكمة ، والثانية تتعلق بتخزين الحرارة المتبادلة أثناء التغير الطوري في وسط التخزين .

● تخزين الحرارة المحسوسة

يعتمد مبدأ تخزين الحرارة المحسوسة المتراكمة عن طريق تغير درجة حرارة الوسط دون تغير في بنيته الفيزيائية أو الكيميائية كالماء والصخور والحصى والطوب الأحمر وبعض الزيوت والأملاح والمواد غير العضوية وغيرها ، وفي حالة المواد الصلبة المسامية فإن الحرارة تخزن عن طريق تدفق الغاز أو السائل عبر مساماتها وتجاويفها ، ويرتبط اختيار المادة عند تخزين الحرارة المحسوسة بنوع التطبيق ودرجة الحرارة المطلوبة فالماء مثلاً يستخدم لدرجات حرارة دون ١٠٠°م ، في حين تستخدم مواد الطوب الأحمر (الحراري) لمستويات حرارية أعلى قد تصل إلى ١٠٠٠°م . هذا وتعد تقنية استخدام المياه الجوفية في خزن الحرارة إحدى الطرق الهامة في تخزين الطاقة الشمسية طبيعياً ولفترات طويلة (في حدود سنة) .

* **التخزين بالسوائل :** يعد التخزين بالماء أشهر الطرق لتخزين الحرارة حيث أن الماء



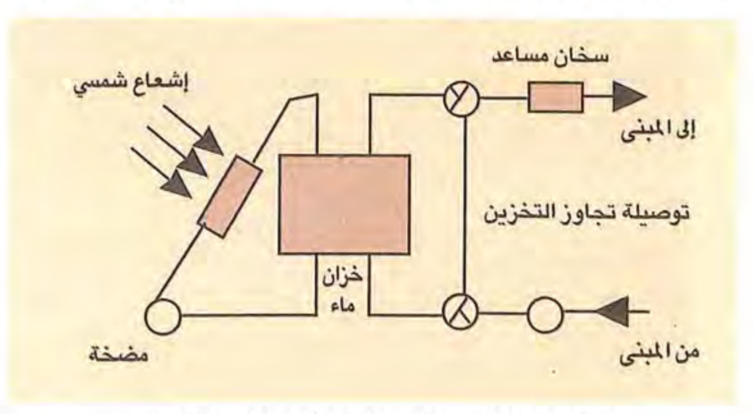
● شكل (١) الطرق المختلفة لتخزين الطاقة الشمسية .

من أرخص المواد المعروفة في مجال تخزين الطاقة الشمسية عند مستويات حرارية منخفضة ، ومن أهم التطبيقات العملية في هذا المجال السخانات الشمسية المستخدمة في توفير مياه المنازل ، ويتمتع الماء بسعة حرارية مرتفعة حيث تصل حرارته النوعية إلى ٤,١٨ كيلو جول/كيلو جرام . °م ، وهو بطبيعته يتوفر بكثرة وغير سام ويمكن تخزينه بسهولة ، وعلى سبيل المثال عندما تتغير درجة حرارة الماء بـ ٦٠°م فإن الطاقة المخزونة بوساطته تساوي ٢,٥×١٠° كيلو جول/م٣ . لذا فإن الخزانات المائية تستخدم بكثرة في معظم تطبيقات السخانات الشمسية ونظم التدفئة المركزية ، حيث توضع عادة داخل المبني أو خارجه أو تحت الأرض بعد عزلها حرارياً ، ويوضح الشكل (٢) مثالاً نموذجياً لنظام التسخين والتدفئة بالطاقة الشمسية ، حيث تقوم المجمعات الشمسية بإمتصاص الطاقة الشمسية وتحويلها إلى حرارة ثم نقلها إلى الخزان المائي الذي يحتوى على مبادل حراري مملوء بسائل يساعد على زيادة فعالية التبادل الحراري . ويتم تصنيع الخزانات المائية من مواد مختلفة كالفولاذ المعالج أو الألمنيوم أو الخرسانة المسلحة (الأسمنت المدعم بالحديد) أو الألياف الزجاجية ، أما مواد العزل الحراري فيستخدم الصوف الزجاجي ومشتقات متعدد اليوريثان . ويتراوح حجم الخزان بين مائة لتر إلى ١×١٠٦ لتر، (١م٣ = ١٠٠٠ لتر) ، ومن المعلوم ـ كقاعدة عامة ـ في تصميم نظم السخانات الشمسية أن كل ٥٠ ـــ ٨٠ لتر ماء يلزمه متراً مربعاً واحداً من المجمعات الشمسيةالحرارية . كما يمكن زيادة تخزين الطاقة بالماء باستخدام بعض المركبات أو المحاليل اللاعضوية ، ومن هذه المواد ، تعد مادة هيدروكسيد الصوديوم (Na OH) من المركبات المناسبة لرفع درجة حرارة التخزين حتى درجة ٣٠٠°م .

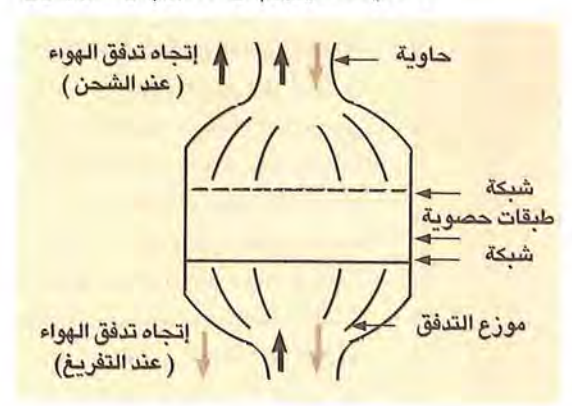
※ **التخزين بالمواد الصلبة :** يعد استخدام الصخور والحصى من أهم مبادىء التخزين بالمواد الصلبة ، وفي هذه الطريقة يتم وضعها متراصة في حيز مغلق ومعزول ، وهي مناسبة جداً للإستخدام في المباني أو المرافق العامة حيث تستعمل بشكل عام مع نظم سخانات الهواء الشمسية التي تصل درجة حرارتها إلى ١٠٠°م ، وتتمتع هذه السخانات بتصاميم بسيطة غير معقدة وغير مكلفة . هذا وتبلغ أقطار قطع الحصى المستخدمة مابين ١ إلى ٥ سنتمتر ، وكقاعدة عامة يبلغ وزنها بين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ كجم/م٣ لكل متر مربع واحد من المجمعات الشمسية المستخدمة لأغراض التدفئة ، وتبلغ السعة الحرارية النوعية لتغير حراري قيمته ٥٠°م بوساطة الحصى أو الخرسانة ١×١٠° كيلو/م٣ (٣٦ كيلو جول /كيلو جرام) .

ومما يجدر ذكره أن المواد الصلبة يمكن استخدامها في تخزين الطاقة الحرارية حتى درجات الحرارة ١٠٠٠°م . ويبين الشكل (٣) مقطعاً مبسطاً لوحدة تخزين بطريقة الطبقات الحصوية المتراصة وفيها يتم دفع الهواء لإضافة أو نزع الحرارة المتراكمة حيث يساعد هيكلها السامي وتوفر التجاويف الكثيرة على حركة الهواء الساخن في وحدة التخزين ، ويلاحظ من الشكل أيضاً إتجاه وحركة الهواء أثناء إضافة الحرارة (الشحن) وسحبها (التفريغ) .

يمكن استخدام مواد صلبة أخرى مثل أكاسيد المغنيزيوم أو الألمنيوم أوالسيليكون



● شكل (٢) نظام تسخين مياه وتدفئة بالطاقة الشمسية .



● شكل (٣) مقطع لوحدة تخزين بطريقة الطبقات الحصوية .

في تطبيقات درجات الحرارة المرتفعة نسبياً بسبب قدرتها على تخزين الطاقة بطريقة الحرارة المحسوسة . ومن أهم المواد المعروفة في هذا المجال الطوب الأحمر الحراري المصنوع من مادة أكسيد المغنيزيوم .

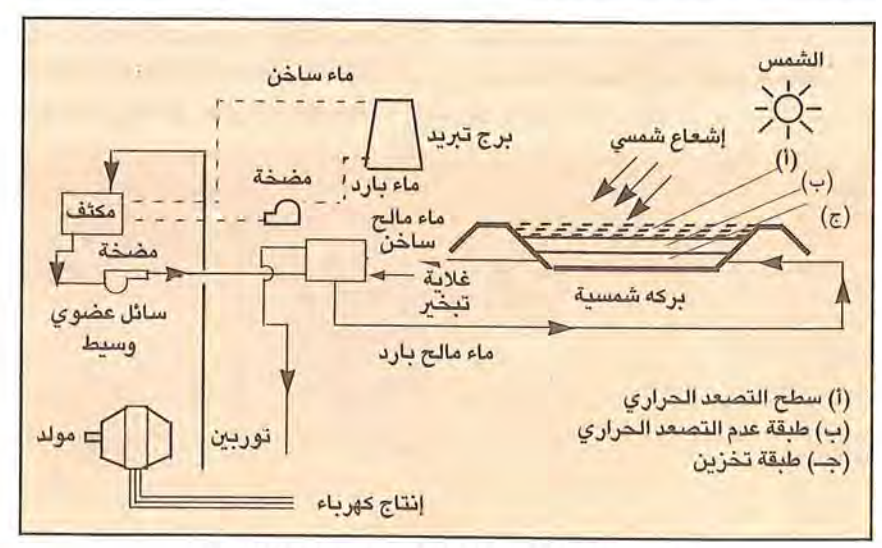
*** التخزين بالبرك الشمسية :** توفر هذه الطريقة وسيلة سهلة وإقتصادية لإلتقاط وتجميع كميات كبيرة من الطاقة الشمسية عند درجات حرارة تتراوح بين ٥٠ إلى ٩٥°م ، ولها تطبيقات واسعة في التدفئة والتبريد بجانب تطبيقات صناعية مختلفة خاصة في إنتاج الطاقة الكهربائية . ومن أهم البرك الشمسية المعروفة حالياً الأحواض المائية ذات التدرج الملحي المركز .

وفي هذا النوع من البرك تستخدم مياه البحر (أو ماء مالح) التي يزداد تركيز الأملاح فيها تدريجياً مع عمق البركة ، ومن الأملاح المعروفة في هذا المجال كلوريد الصوديوم (NaCl) أو كلوريد المغنيزيوم ($MgCl_2$) ، وباستخدام هذه الأملاح يميل قاع البركة إلى لون غامق أو أسود يتم عنده امتصاص الإشعاع الشمسي فتصل درجة حرارة الماء فيه إلى ٩٥°م ، بعدها يمكن سحب الطاقة الحرارية من الطبقات السفلى للبركة دون التأثير على الطبقات العليا وذلك عن طريق ضخها إلى خارج البركة للإستفادة منها فيما بعد وخاصة في مجال تحويل الطاقة الحرارية المتراكمة إلى طاقة كهربائية ، يوضح الشكل (٤) مثالاً لمحطة كهربائية تعتمد على مبدأ البرك الشمسية حيث يتم تشغيل محرك كهربائي حراري أو مولد توربيني عن طريق تبخير محلول عضوي له نقطة غليان منخفضة ، وفي هذه الحالة يتم ضخ المياه الحارة من أسفل البركة إلى جهاز التبخر الذي يحتوي على المحلول العضوي ، وعند بدء عملية التبخر فإن المحلول العضوي يتمدد تحت ضغط منخفض يسمح بتشغيل العنفة (التوربينة) المرتبطة بمولد كهربائي ، ثم يواصل المحلول العضوي التدفق في دورته الخاصة ليصل إلى المكثف ليتم تبريده بالماء البارد الموجود في برج التبريد ، وبذلك يتم تكثيف البخار إلى سائل حيث يضخ إلى المبخر مرة أخرى لتبدأ دورة جديدة وهكذا .

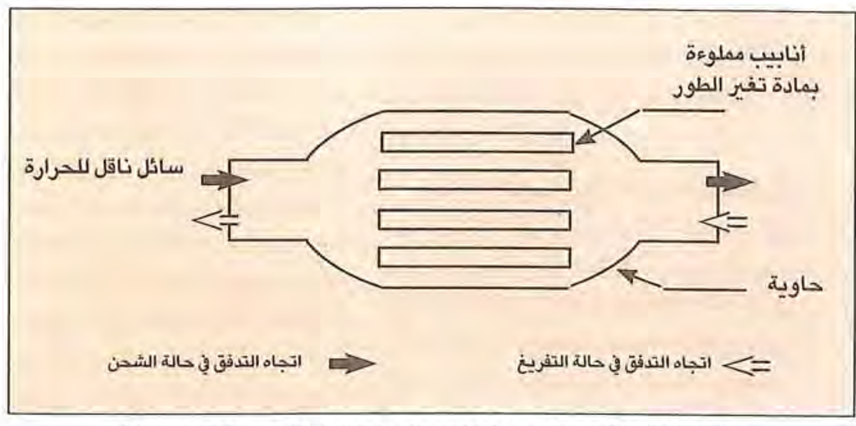
ومن أكبر البرك الشمسية المعروفة بركة إلباسو (ELPASO) بولاية تكساس في الولايات المتحدة الأمريكية التي تشغل مساحة مقدارها ثلاثة آلاف متر مربع ، وقد بدىء بتشغيل هذه البركة عام ١٩٨٦م لإنتاج قدرة كهربائية تصل إلى ٧٠ كيلووات ، وتنتج البركة ٥٠٠ جالون ماء في اليوم في كل وحدة معالجة مائية ، كما تزود مصنعاً مجاوراً للمواد الغذائية بالطاقة الحرارية . وقد وجد أيضاً أثناء مراحل التشغيل القصوى للبركة أنها تحافظ على درجة حرارة تخزين تصل إلى ٩٠°م وتستطيع إنتاج طاقة تقارب ١٠٠ كيلو وات خلال فترة الذروة مما يؤدي إلى إنتاج أكثر من ٨٠ ألف جالون ماء صالحة للشرب في اليوم الواحد . بالإضافة إلى ماسبق ذكره فقد تبين خلال سنوات التشغيل الأولى أن البركة أنتجت حوالي ٥٠ ألف كيلو وات/ ساعة في فترة خمس سنوات .

التخزين الحراري الكامن

عند حدوث تبادل حراري في وسط ما فإن ذلك يرافقه تغير في الطور من حالة إلى أخرى مثل تغير حالة المادة من صلب إلى سائل إلى غاز . تدعى هذه الآلية بالتخزين الحراري الكامن (Latent Heat Storage) ، وتعد هذه الطريقة أكثر جاذبية من غيرها بسبب ازدياد كثافتها التخزينية في الوسط المدروس . وترتبط قيمة الحرارة الكامنة لتغيير الطور مباشرة بدرجة حرارة الوسط الطوري . وعلى سبيل المثال تعادل الطاقة الحرارية اللازمة لذوبان كيلو جرام من الجليد (صلب) إلى واحد كيلو جرام ماء (سائل) دون تغيير درجة حرارته (صفر مئوي) ٨٠ مرة من الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة واحد كيلو جرام ماء (سائل) إلى درجة واحدة مئوية مما يدل على أن طور المادة هي عامل هام في تكثيف الطاقة المخزونة . كما أن هنالك تغيرات طورية أخرى يمكن بها تخزين الطاقة الشمسية منها (سائل ـ غاز) ، و(صلب ـ صلب) ، وتدخل في دراسة هذه التغيرات مسألة الحجم أو الوزن ودرجة الحرارة التخزينية المطلوبة . يوضح الشكل (٥) مقطعاً مبسطاً لأحد أجهزة وحدة تخزين الحرارة الكامنه بالإضافة إلى اتجاهات التدفق الحراري في حالتي الشحن والتفريغ ، وتستخدم هذه الأجهزة بكثرة في حالة تغير طور المادة بالإنصهار أو بالتجمد. وتصنف المواد متغيرة الطور المعروفة في تخزين الطاقة الحرارية إلى مركبات عضوية ومركبات غير عضوية ومزائجها الميّهة (مائية) . تتضمن المركبات اللاعضوية الأملاح المركبة المائية والمعادن والسبائك (الخلائط) ، بينما تشمل المركبات العضوية مواد البارافينات والإسترات والكحوليات وغيرها ، ومن بين الأملاح المائية الهامة ملح جلوبر ($Na_2SO_4 . H_2O$) أو كبريتات الصوديوم المائية و أملاح كلوريد الكالسيوم المائية



● شكل (٤) مخطط لمحطة إنتاج الكهرباء بالبرك الشمسية .



● شكل (٥) مقطع لجهاز وحدة تخزين الحرارة الكامنة (الحرارة المستترة) .

($CaCl_2 . 6H_2O$) ، وكذلك أملاح أسيتات الصوديوم المائية ($NaCH_3COO . 3H_2O$) وغيرها ، ونظراً للانخفاض النسبي لتكاليف هذه الأملاح فهناك العديد من البحوث الجارية للوصول إلى كفاءة تخزينية جيدة . كذلك اتضح أن هيدروكسيد الأمونيوم المعروف بالنشادر (NH_4OH) من أنسب المواد الطورية الملائمة لسخانات المياه والمكيفات المنزلية . ولكن ماتزال هناك بعض المشاكل المتعلقة باستخدامه من أهمها ظاهرتا التبريد الفائق والإنتقال الطوري الإنفصالي حيث لا يساعد التبريد الفائق في المادة على عودتها إلى نقطة تجمدها الأساس عند حدوث تبادل الطور ، أما الإنتقال الطوري الإنفصالي فيؤثر سلباً على الخصائص الكيميائية الفيزيائية لطور المادة . وقد عولجت مشكلة التبريد الفائق عن طريق إضافة بعض المواد المساعدة النووية أو الهلامية بمساعدة طرق تقنية خاصة ، في حين تم التغلب على مشكلة الإنتقال الطوري الإنفصالي بإضافة مواد خاصة تعمل على زيادة التصلب (التخثر) وزيادة فعالية الإنتقال الطوري . إضافة لذلك تستخدم المزائج (خليط ملحين أو أكثر) بكثرة في تطبيقات تخزين الطاقة الشمسية الحرارية ، ومن أمثلة ذلك استخدام مخلوط نترات المغنيزيوم المائي مع كلوريد المغنيزيوم المائي بنسب ٥٠,٧٪ و ٤٩,٣٪ على التوالي :

[$Mg(NO_3)_2 . 6H_2O$ (50.7%) + $MgCl_2 . 6H_2O$ (49.3%)] .

وبشكل عام يمكن القول أن المواد الطورية لها تطبيقات كثيرة في مجال تسخين المياه والتدفئة والمضخات الحرارية والبيوت الزراعية والتبريد وغيرها . ومن بين الإستخدامات المتزايدة في المرافق العامة والمباني الكبيرة ذات النوافذ المختلفة تخزين الحرارة الكامنة عن طريق سحب الحرارة الناتجة عن الأشخاص والأجسام المتحركة والأجهزة الآلية ومصابيح الإنارة وأجهزة الحاسب ، وإستخدامها لإنتاج الثلج ليلاً بمساعدة الكهرباء الرخيصة واسترجاعها نهاراً لتبريد المباني . ويمكن بهذه الطريقة تخزين الطاقة خلال عام كامل .

التخزين الكيميائي

يمكن تخزين الطاقة الشمسية كيميائيا إما بواسطة تخزين الوقود الناتج عن التفاعلات الكيموضوئية أو التخزين الناتج عن التفاعلات الكيميائية العكسية وذلك كما يلي : -

● التخزين الوقودي

يقصد بالتخزين الوقودي تخزين الطاقة الشمسية على شكل وقود يمكن إنتاجه بوساطة التفاعلات الكيموضوئية ، وفي هذه الحالة يمكن استخدام بطاريات تخزين خاصة يحدث منها تفاعلات كيميائية عن طريق تأثير الضوء (الإشعاع الشمسي) عند الشحن ، ثم تفريغها بالطريقة الكهربائية التقليدية ، ومن أهم التفاعلات المعروفة في تخزين الطاقة الشمسية كيميائيا مايلي : -

$$2NOCl + \text{فوتونات} \longrightarrow 2NO + Cl_2$$

حيث يمثل الفوتون جسيم الطاقة الموجودة في الإشعاع الضوئي (الشمسي) ومن الممكن أيضاً إستخدام التحليل الكهربائي للماء (الكهروليتي) لإنتاج غاز الأكسجين والهيدروجين وإعادة إتحادهما في معدات خلوية خاصة تدعى خلايا الوقود لإنتاج الطاقة الكهربائية ، وفي هذه الطريقة يمكن تخزين الأكسجين والهيدروجين بفاعلية عالية على شكل غاز أو سائل ، وعلى هذا الأساس يمكن استخدام الهيدروجين فيما بعد كوقود فعَّال غير ملوث للبيئة لتشغيل محركات السيارات والآلات والمعدات الكهربائية المختلفة . يخزن الهيدروجين في أشكال مختلفة كغاز مضغوط أو كسائل أو كمواد معدنية مهدرجة ، ويمتاز الشكل الأخير (مواد معدنية مهدرجة) بأن له كثافة تخزين مرتفعة ومستقرة . وقد قامت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** بتطوير نماذج عملية وناجحة من خلايا الوقود ذات الحامض الفوسفوري لأجل إنتاج قدرات كهربائية ١٠٠وات ، ٢٥٠ وات ، واحد كيلووات وذلك في مختبرات خلايا الوقود في القرية الشمسية .

من جهة أخرى يمكن استخدام الطاقة الشمسية في عمليات التخمر لبعض الطحالب والنباتات والفضلات لإنتاج غاز الميثان (CH_4) الذي هو وقود جيد ومستقر عند درجة حرارة الجو المحيطة ، ويمكن للميثان أن يتفاعل مع الأكسجين لإطلاق الطاقة الحرارية المخزونة حسب التفاعل التالي :

$$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow 2H_2O + CO_2$$

وتشير كافة الدراسات والبحوث أنه تم تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية من الميثان بكفاءة ٢٪ ، وقد وجد أن كل ١ كيلو متر مربع من الطحالب يمكن أن ينتج كمية من الميثان تختزن ٤ ميجاوات من الطاقة الشمسية . وتتطلب محاصيل الطحالب الحصاد والمعالجة لتعطي ٥٪ مواد صلبة ، أما الباقي فهي مياه متبقية يمكن الإستفادة منها لأغراض زراعية أخرى . تخضع المواد الصلبة الناتجة إلى تخمر بدون وجود الهواء ولفترة ثلاثة أسابيع مما يؤدي إلى تحول نصفها إلى ميثان .

إضافة لذلك يستفاد من آلية التمثيل الضوئي من تخزين الطاقة الشمسية حسب التفاعل التالي :

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{اليخضور}]{\text{الضوء}} H_2CO + O_2$$

وتكون المواد الهيدروكربونية الناتجة مستقرة عند درجة حرارة الوسط المحيط ولكن عند درجات الحرارة المرتفعة يصبح التفاعل السابق معكوساً لإطلاق الطاقة الشمسية المخزونة بشكل حراري .

● التخزين الكيميائي ـ الحراري

توفر هذه الطريقة نظاماً تخزينياً عالي الكثافة عند درجات حرارة عادية ، حيث يمكن تخزين الطاقة لمدة طويلة على شكل طاقة كامنة يمكن ضخها ونقلها فيما بعد لمسافات بعيدة . ويمكن توضيح ذلك من خلال التفاعل العكسي التالي :

$$SO_3 \underset{\text{٥٩٠°}}{\overset{\text{١٠٢٥°}}{\rightleftharpoons}} SO_2 + O$$

حيث يتفكك غاز ثالث أكسيد الكبريت إلى غاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز الأكسجين عند درجة حرارة ١٠٢٥° مئوية ، ولكن بوجود المحفزات يتم التفاعل العكسي لإنتاج ثالث أكسيد الكبريت .

التخزين الكهربائي

تحتاج معظم تطبيقات الخلايا الكهروضوئية إلى وسائل ومعدات تخزين مناسبة لتغذية الأحمال المطلوبة عندما لا تتوفر الطاقة الشمسية (وجود غيوم ، فترة الليل ...) . ويتوفر حالياً عدد من الطرق المكنة لتخزين الطاقة الكهربائية إلا أن البطاريات ، وهي إحدى طرق التخزين الكيميائي ، هي الأفضل من الناحية العملية حيث تتمتع بمواصفات فنية خاصة أهمها الكفاءة العالية للشحن ، وقلة الفاقد الكهربائي ، وقلة متطلبات الصيانة وطول العمر الإستهلاكي ، وأخيراً التكيف مع الظروف المناخية المحيطة .

تتكون البطاريات عادة من مجموعة من الخلايا الكهروكيميائية تقوم بتخزين الطاقة الكهربائية من أجل استرجاعها في وقت لاحق . وتصنف البطاريات إلى نوعين رئيسين هما نوع عادي غير قابل للشحن كالبطاريات الصغيرة المستخدمة في الأجهزة الإلكترونية ومصابيح الإنارة الصغيرة ... ونوع قابل لإعادة الشحن كالبطاريات الحامضية الرصاصية المستخدمة في السيارات ووسائط النقل الأخرى . وبطاريات النيكل ـ الكادميوم ، والنيكل الهيدروجيني وكلوريد الصوديوم وغيرها . وتعد البطاريات الحامضية الرصاصية الأكثر استخداما في النظم الكهروضوئية حالياً ، حيث تتكون الخلية الواحدة منها في قطب سالب (الرصاص) وقطب موجب (ثاني أكسيد الرصاص) يغمران في محلول مائي لحامض الكبريت . ولإعطاء فكرة عن جهد هذه البطاريات ، لنفرض أن خلية واحدة ذات جهد ٢ فولت فإن ربط ست خلايا منها على التوالي يعطي جهداً يساوي ١٢ فولت وهكذا . ومن أهم تطبيقات النظم الكهروضوئية مع البطاريات استخدامها في المناطق البعيدة النائية حيث يستفاد من الطاقة المتراكمة في البطاريات في وقت لاحق لتغذية الأحمال الكهربائية كالإنارة وضخ المياه حتى بعد غروب الشمس . ومما يجدر ذكره أن التكاليف التأسيسية للنظم الكهروضوئية مع بطاريات التخزين تكون مرتفعة نسبياً إلا أنها تأخذ في الإنخفاض عندما تزيد الطاقة عن واحد كيلوواط .

ومن بين الحلول العملية المقترحة إقتصادياً على المدى البعيد استخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية لإنتاج الهيدروجين ثم تخزينه واستخدامه في خلايا الوقود لإنتاج الكهرباء كما ذكرنا سابقاً . وقد قامت بعض الدول بتجارب ناجحة في هذا الميدان أهمها الولايات المتحدة الأمريكية وألمانيا الإتحادية واليابان والمملكة العربية السعودية . حيث قامت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** من خلال برنامج التعاون السعودي ـ الألماني (الهايسولار) بمشروع إقليمي رائد تم بموجبه نقل تقنية إنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية والإستخدامات العملية المرافقة .

التخزين الميكانيكي

التخزين الميكانيكي للطاقة الشمسية هو تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة ميكانيكية يمكن الإستفادة منها لاحقا سواء على صورتها الميكانيكية أو بوساطة تحويلها إلى أي شكل من أشكال الطاقة . ومن أهم طرق تخزين الميكانيكي مايلي :

● التخزين المائي

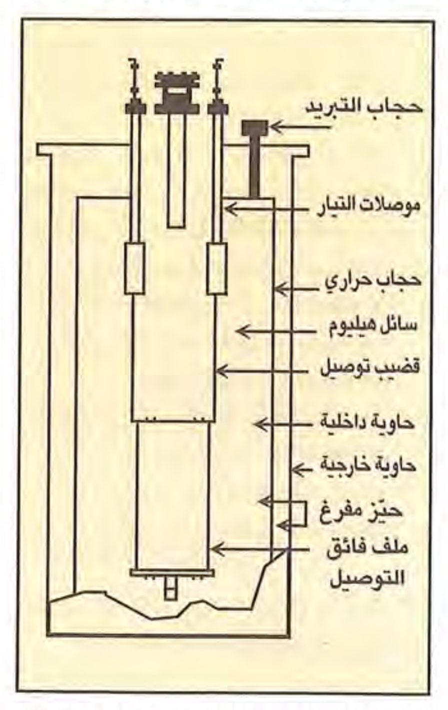
يمكن استخدام نظم الطاقة الشمسية لضخ مياه الأنهار والبحار أو المحيطات ، إلى بحيرة سد تبنى في منطقة مجاورة ، بعدها يتم الإستفادة من الطاقة المائية الكامنة في إنتاج الكهرباء بوساطة المحطات الكهرومائية التقليدية حيث تقوم المياه المتدفقة من بحيرة السد العلوية بتشغيل العنفات المائية المرتبطة بمولدات كهربائية خاصة .

● التخزين الهوائي المضغوط

يمكن استخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية في تشغيل ضاغط هواء يدار بمحرك كهربائي حيث يتم تخزين الهواء المضغوط في تشغيل العنفة المرتبطة بمولد كهربائي ، كما يمكن استخدام العنفات العاملة بطاقة الرياح في تخزين الهواء المضغوط ، وقد أثبتت هذه الطريقة جدواها العملية في تخزين الطاقة الشمسية آلياً .

● التخزين بالعجلة الحدّافة

يمكن تخزين الطاقة الشمسية الكهروضوئية بصورة ميكانيكية عن طريق استخدام عجلة حدّافة تتكون من قرص



● شكل (٦) مخطط لوحدة تخزين بملف فائق التوصيل .

دوراني ذو أقطاب مغناطيسية مثبتة على محور الدوران لإنتاج الكهرباء عن طريق مولد تقليدي . وتوضع جميع مكونات عجلة الحدّافة في وسط مفرغ من الهواء لتقليل الإحتكاك ، ويرتبط زمن شحن العجلة الحدّافة بمقدار الجهد الكهربائي المطبق عليها . وتدل دراسات البحوث والتطوير أن مستقبل هذه الطريقة سيكون منافساً بالمقارنة مع البطاريات خاصة أنه لا توجد آثار ضارة بالبيئة ، كما أن عمرها الإستهلاكي يتراوح بين ١٥ ــ ٢٥ سنة ولها تطبيقات صناعية وسكنية وفي بعض وسائط النقل .

التخزين المغناطيسي

تم مؤخراً تخزين الطاقة الشمسية الكهروضوئية مباشرة عن طريق تحويلها إلى طاقة مغناطيسية باستخدام ملفات مغناطيسية فائقة التوصيل مصنوعة من مواد ذات مقاومة صغيرة جداً عند درجات حرارة منخفضة جداً . وتعد هذه الطريقة ذات كفاءة عالية ، حيث أنه لا يلزم فيها تحويل الطاقة إلى أشكال أخرى مثل التحويل الميكانيكي وغيره ، ثم تحويلها مرة أخرى إلى طاقة كهربائية ، وبالتالي فقدان جزء منها أثناء التحويل . وفي هذه الطريقة يمرر تيار كهربائي مرتفع على ملف فائق التوصيل يعمل على حفظ الطاقة بشكل مغناطيسي ثم يحولها عند اللزوم إلى طاقة كهربائية . وقد لجأت بعض المصانع الإلكترونية إلى إستخدام هذه التقنية لتأمين الكهرباء عند حدوث انقطاع مفاجىء للتيار الكهربائي نظراً لصغر حجمها وطول عمر استهلاكها . يوضح الشكل (٦) مخططاً مبسطاً لوحدة تخزين نموذجية تستخدم ملفاً مغناطيسياً فائق التوصيل .

مقارنة تقنيات التخزين

بعد استعراض التقنيات المتوفرة حالياً في تخزين الطاقة الشمسية فإن إجراء مقارنة عامة قد تساعد على اختيار الطريقة التخزينية الملائمة لتطبيقات الطاقة الشمسية ، علماً بأن بعض هذه التقنيات مايزال في مرحلة البحث والتطوير ، لذا لابد من متابعة دراستها وتطويرها لتحقيق أفضل جدوى اقتصادية ، ولإيجاد أفضل الحلول الممكنة لمشكلة تخزين الطاقة الشمسية ، يبين الجدول (١) مقارنة لأهم خصائص التخزين الحراري المحسوس والكامن . بالإضافة إلى ماسبق يبين الجدول (٢) أيضاً ملخصاً لكثافة الطاقة المخزونة باستخدام بعض تقنيات التخزين السابقة .

وفي الواقع تتغير التكاليف الإجمالية من تقنية إلى أخرى وتتأثر بالتطبيق المطلوب ، ومع ذلك يمكن القول أن معظم تقنيات التخزين ماتزال غير قياسية (عيارية) .

وخلاصة القول فإن موضوع تخزين الطاقة الشمسية يعد في أطواره الأولى ولا يزال في حاجة إلى تكثيف الجهود في البحث والتطوير . وقد تلاحظ عند دراسة معظم التقنيات التخزينية المتوفرة حالياً كالحرارية والكهربائية والكيميائية والميكانيكية والمغناطيسية ، أن بعض هذه التقنيات قد دخل طور الاستخدام التجاري إلا أن معظمها لم تحقق بعد الجدوى الإقتصادية لنظم الطاقة الشمسية .

المقـــدار	التخزين الحراري المحسوس		التخزين الحراري الكامن	
	الصخور	المـاء	المواد العضوية	المواد غير العضوية
حرارة الإنصهار (كيلو جول/كيلو جرام)	—	—	١٩٠	٢٣٠
الحرارة النوعية (كيلو جول/كيلو جرام)	١,٠	٤,٢	٢,٠	٢,٠
الكثافة (كيلو جرام/متر مكعب)	٢٢٤٠	١٠٠٠	٨٠٠	١٦٠٠
الكتلة (لكل $١٠^{٦}$ كيلو جول) *	٦٧٠٠٠	١٦٠٠٠	٥٣٠٠	٤٣٥٠
الحجم (لكل $١٠^{٦}$ كيلو جول) *	٣٠	١٦	٦,٦	٢,٧
* كل $١٠^{٦}$ كيلو جول = ٣٠٠ كيلو وات ـ ساعة (تغير حراري ١٥°م)				

● جدول (١) مقارنة خصائص التخزين الحراري المحسوس والكامن .

التقنية المستخدمة	الكفاءة (٪)	كثافة الطاقة المخزونة		عمر الإستهلاك (سنة)
		الوزنية (وات ـ ساعة / كيلو جرام)	الحجمية (وات ـ ساعة / ليتر)	
بطاريات حامضية	٦٠ ــ ٨٠	٣٥ ــ ٤٥	٣٥ ــ ٨٠	٥ ــ ١٥
هــواء مضغــوط	٥٠ ــ ٧٠	١١٠	٨ ــ ٧٠	٣٠
عجلة حدَّافة	٧٨ ــ ٩٥	٥٠	١٨ ــ ١١٠	٣٠
ضخ المياه	٦٥ ــ ٧٠	—	٠,٠٣٦	٥٠
هيدروجين	١٥ ــ ٣٠	٤٠٠ ــ ٧٠٠٠	٨٠٠ ــ ٩٥٠	—
مغناطيسي	٩١ ــ ٩٥	—	—	٥٠

● جدول (٢) كثافة الطاقة المخزونة باستخدام تقنيات تخزين الطاقة الشمسية .



الفولتاميتري





يُعد جهاز الفولتاميتري (Voltammetry) من أحدث وأهم أجهزة التحليل الكيميائي الكهربائي . ويستخدم هذا الجهاز في مجالات مختلفة مثل الكيمياء التحليلية ، والصيدلة، وعلوم الحياة ، والبيئة ، وتحليل المياه .

ويمتاز هذا الجهاز بدقة وحساسية عالية ، تصل إلى النانوجرام (10^{-9} جرام) وأحياناً إلى البيكوجرام (10^{-12} جرام)، وذلك في تعيين وتقدير الكاتيونات والآنيونات وكثير من المواد العضوية . كما أنه يمتاز بقلة تكلفته مقارنة بأجهزة التحليل الأخرى .

مبدأ التحليل الفولتاميتري

يعتمد مبدأ التحليل الفولتاميتري بصورة عامة على قياس تيار الإنتشار (Diffusion Current) المار في خلية التحليل المحتوية على قطبين أحدهما قطب مرجع مثل قطب الكالوميل المشبعّ ، والآخر قطب دليل (Indicator Electrode) ويسمى قطب العمل (Working Electrode) . ويمكن أن يكون قطب العمل سائلاً مثل قطب قطرة الزئبق المعلقة أو صلباً مثل أقطاب الذهب أو البلاتين أو الفضة أو الكربون الزجاجي (Glassy Carbon) .

أجزاء جهاز الفولتاميتري

يتألف جهاز الفولتاميتري بشكل عام من الأجزاء التالية : ـ

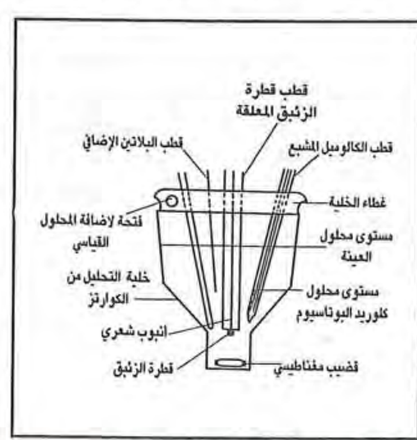
● الخلية الفولتاميترية

تتألف الخلية الفولتاميترية ، شكل (١)، من كأس صغير سعته من ١٥ إلى ٥٠ مليلتر ويكون إما من الزجاج أو التفلون وغالباً من الكوارتز .

وتحتوي الخلية على أنبوب من التفلون لإمرار غاز النيتروجين وذلك لطرد الأكسجين الموجود في محلول العينة . كما يوجد في الخلية قضيب مغناطيسي صغير مغلّف بالتفلون لغرض تحريك المحول أثناء التجربة . وتغطى الخلية بغطاء من التفلون يحتوي على خمس فتحات ، ثلاث منها تستخدم للأقطاب والرابعة لأنبوب النيتروجين ، أما الفتحة الخامسة فتستخدم لإضافة المحلول القياسي أثناء إجراء التجربة . كما تحتوي الخلية على ثلاثة أقطاب هي :

١ ـ قطب المرجع (Reference Electrode) :
ويستخدم غالباً قطب الكالوميل المشبع (Saturated Calomel Electrode) كما يمكن إستخدام قطب كلوريد الفضة مع الفضة في وجود محلول مشبع من كلوريد البوتاسيوم (AgCl / Ag / KCl) .

٢ ـ القطب الإضافي (Auxiliary Electrode) :
ويسمى أحياناً قطب العدّاد (Counter) ويتكون أساساً من سلك رفيع من البلاتين (Platinum Wire) ، ويستخدم في تقليل الأخطاء الناتجة عن مقاومة الخلية وتنظيم فرق الجهد لقطب العمل المستخدم في خلية التحليل .



● شكل (١) خلية التحليل الفولتاميترية .

٣ ـ قطب العمل (Working Electrode) :
ويشترط أن يكون من الزئبق المعلق أو من مواد صلبة خاملة كيميائياً (ذهب ، فضة ، بلاتين ، بلاديوم ، كربون) وذو مساحة سطحية صغيرة نسبياً . مما يجدر ذكره أن قطب العمل عندما يتكون من الزئبق المتساقط فإن حساسية الجهاز ستقل ويعمل الجهاز في حالة خاصة هي البولاروجرافي ، أما إذا كان الزئبق معلق فيطلق عليه فولتاميتري . وأقطاب العمل هي كما يلي : ـ

*** قطب قطرة الزئبق المعلقة (Hanging Mercury Drop Electrode HMDE) :**
ويشبه إلى حد كبير قطب قطرة الزئبق المتساقط ، حيث تكون قطرة الزئبق معلقة في نهاية الأنبوب الشعري .

*** قطب طبقة الزئبق الرقيقة (Thin Film Mercury Electrode TFME)**
ويمكن تحضيره بترسيب الزئبق على السطح الخارجي لقطب صلب مثل قطب الكربون الزجاجي †(Glassy Carbon) . ويتم ذلك بغمس قطب الكربون في محلول حامض النيتروجين (Nitric Acid) المخفف المحتوى على نترات الزئبق $Hg(NO_3)_2$ بتركيز ٢ إلى ٥ جزء من مليون ولمدة خمس دقائق . ونتيجة لذلك تتكون طبقة رقيقة على سطح القطب الخارجي من الزئبق ، ويمكن استخدام هذا القطب في تقدير كميات قليلة من الفلزات وبحساسية النانوجرام إلى البيكو جرام ويستخدم هذا القطب في التحليل النزعي المصعدي فقط . ويوضح الشكل (٢) مقارنة تقدير ٤٠ بيكوجرام من الكادميوم ومائة بيكوجرام من الرصاص باستخدام قطبين من الزئبق أحدهما طبقة الزئبق الرقيقة (أ) والآخر قطرة الزئبق المعلقة (ب) .

※ **الأقطاب الصلبة** : وتتكون من الذهب أو البلاتين أو البلاديوم أو الفضة أو الكربون الزجاجي . وتكون بشكل قرص قطره حوالي ٤ مليمتر ويثبت في نهاية أنبوبة من التفلون قطرها الخارجي ١٢ مليمتر وبطول حوالي ١٠سم . ويلي القرص المستخدم مسحوق من الجرافيت (Graphite) يغمس فيه سلك من النحاس للتوصيل الكهربائي ويثبت القطب من أعلى بمحرك كهربائي (Stirring Motor) لتحريك القطب بسرعة تتراوح من ألف إلى ألفين دورة بالدقيقة وذلك أثناء التجربة .

● المحلل

يمكن بواسطة المحلل (Voltammetry Analyzer) اختيار فرق الجهد اللازم لتحليل العينات واختيار مدة الترسيب المناسب وكذلك التحكمّ آلياً بالتجربة خاصة التحريك في فترة الترسيب ، وعدم التحريك في فترة النزع .

● المسجل

يستخدم المسجل (Recorder) في طباعة وتسجيل النتائج في نفس الوقت . ويكون المسجل إما منفصل تماماً عن المحلل وإما متصل به .

أنواع الفولتاميتري

يأتي الفولتاميتري على عدة أشكال منها ما يلي :-

١ - فولتاميتري الجهد الخطي
٢ - الفولتاميتري الدوري
٣ - فولتاميتري النبضات المربعة
٤ - الفولتاميتري النزعي

ومما يجدر ذكره أن الفولتاميتري النزعي (Stripping Voltammetry) يمتاز عن الأنواع الثلاثة الأخرى من الفولتاميتري بحساسيته العالية ، وعليه فإنه الأكثر إنتشاراً في مجال التحليل الكيميائي .

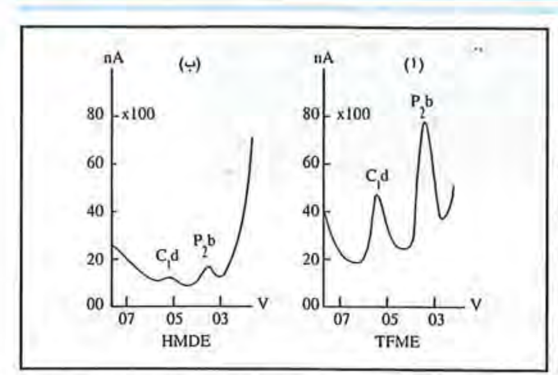
يعمل الفولتاميتري النزعي من خلال مرحلتين هما مرحلة الترسيب حيث يتم تركيز الفلز بوساطة اختزاله مكوناً ملغماً (Amalgam) على سطح قطرة الزئبق المعلقة أو راسب على سطح القطب الصلب ، ومرحلة النزع وتتم بعكس الجهد المستخدم في مرحلة الترسيب وينقسم الفولتاميتري النزعي إلى نوعين هما :

(أ) النزعي المصعدي (Anodic Stripping) : وتستغرق مرحلة الترسيب في هذا النوع من الفولتاميتري من ١٠ إلى ١٥ دقيقة مع التحريك المستمر لجعل الأيونات تنتقل إلى سطح القطب بسرعة وتترسب عليه ، أما مرحلة النزع فهي أكسدة الفلز المترسب على القطب ، ويطلق على الجهد الناشيء من الأكسدة أو ذوبان الفلز التحليل النزعي المصعدي الذي يعد من أفضل وأدق طرق التحليل لحساسيته التي تصل إلى البيكوجرام .

(ب) النزعي المهبطي (Cathodic Stripping) : ويستخدم قطب قطرة الزئبق المعلق فقط ، ويتم الترسيب بوساطة أكسدة قطرة الزئبق كخطوة أولى حيث يتم تركيز الأيون بإستخدام جهد يتجه إلى الإيجابية ، وينتج الراسب عن تكون أملاح غير ذائبة مع الزئبق مثل الهاليدات والكبريتيدات والسيلينيوم أو عن تكون معقد مع الزئبق غير ذائب مثل الثيوكبريتات ، بينما تتم الخطوة الثانية بعكس الجهد بحيث يزداد في الإتجاه الأكثر سالبية ونتيجة لذلك يختزل راسب ملح الزئبق عند سطح القطب المستخدم ويقاس التيار المهبطي الناتج عن عملية النزع وتسمى هذه الطريقة التحليل النزعي المهبطي .

تطبيقات الجهاز

يستخدم الجهاز بصفة عامة في معرفة وتقدير الأيونات الفلزية الثقيلة . حيث يمكن تقدير أربعة إلى ستة فلزات في نفس عينة التحليل بحساسية عالية تصل إلى البيكو جرام . كما في شكل (٢) .



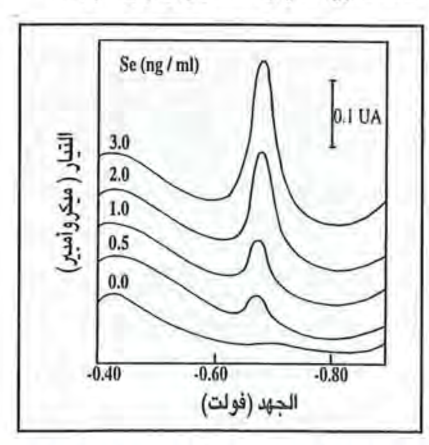
● شكل (٢) مقارنة بين حساسية قطبي عمل لتقدير الكادميوم والرصاص .

ويمتاز هذا الجهاز في تقدير العناصر الفلزية الثقيلة والتي تسبب مشاكل بيئية مثل الزئبق والكادميوم والثاليوم والرصاص والفضة والسيلينيوم والبزموث والقصدير والألمنيوم والفناديوم واليورانيوم . ويمكن استخدام التحليل النزعي المصعدي في تقدير هذه الفلزات الثقيلة ، شكل (٢) ، كما يمكن استخدام التحليل النزعي المهبطي في تقدير الأنيونات مثل الهاليدات والكبريتيدات والثيوكبريتات والتنجستات $(WO_4)^{2-}$ والموليبدات $(MoO_4)^{2-}$ والسيلينيوم واليورانيوم على شكل أيون اليورانيل $(UO_2)^{2+}$ ، ويوضح الشكل (٣) تقدير السيلينيوم بوساطة التحليل النزعي المهبطي . كما يستخدم الجهاز في تقدير كثير من الأدوية والمركبات العضوية التي يمكن أن تتأكسد وتختزل عند قطب العمل .

كيفية عمل الجهاز

يشبه عمل هذا الجهاز إلى حد كبير عمل البولاروجرافي مع بعض التغييرات البسيطة .

يوضع ٥ مل من المحلول المراد تحليله مع ٥ مل من المحلول المنظم (Buffer Solution) في خلية التحليل ، ثم يمرر غاز النيتروجين لمدة خمس دقائق لطرد الأكسجين المتواجد في المحلول ، بعد ذلك يتم اختيار فرق الجهد الخاص بالتجربة حسب نوع التحليل المستخدم (نزعي مهبطي أو مصعدي) وفي أثناء مرحلة الترسيب يجب تحريك المحلول بوساطة القضيب المغناطيسي المضاف إلى خلية التحليل ، وبإستعمال المحرك الكهربائي . وعند إستعمال مرحلة النزع يجب إيقاف المحرك الكهربائي ونلاحظ في هذه المرحلة بدأ المسجل في رسم العلاقة بين التيار المتكون وفرق الجهد .



● شكل (٣) تقدير السيلينيوم بالتحليل المهبطي .

أول سيارة أوربية تعمل بالطاقة المتجددة

يعمل فريق من العلماء بمركز دايملر - بنز للبحوث (Daimler - Benz Research Centre) بمدينة ألم (Ulm) بألمانيا على تطوير إنتاج سيارة تستخدم خلايا الوقود (Fuel Cells) . وتبدو هذه السيارة - جاءت نتيجة برنامج طموح لمركز دايملر لإنتاج أول سيارة أوربية بدون دخان - غريبة الشكل للمشاهد بسبب ما تحمله من أجهزة تشغيل .

وقد ظهرت هذه السيارة لأول مرة عام ١٩٩٣م وقطعت منذ ذلك الحين آلاف الكيلو مترات دون أعطال .

وفي خطوة لتطوير تقنية خلايا الوقود المستخدم فقد تم رصد أكثر من مائة مليون مارك ألماني بوساطة مركز دايملر - بنز غير الاعتمادات المالية المقدمة من وزارة البحوث والتقنية الفيدرالية بألمانيا .

سيتم الإنتاج التجاري لهذه السيارة بعد إجراء التحسينات اللازمة في الشكل والحجم والوقود وستشهد السنين القادمة إن شاء الله ظهورها في الطرقات بشكل مكثف .

وعلى الرغم من أن خلايا الوقود يرجع تاريخها إلى عام ١٨٣٩م - تم تطويرها حينذاك أول مرة بوساطة العالم الانجليزي السير **وليم جروف** (William Grove) بالاعتماد على أسس الاحتراق البارد (Cold Combustion) - إلا أن تطبيقها صناعياً لم يلق الاهتمام اللازم بسبب تكلفتها العالية وحجم المعدات اللازمة لها . عليه فقد اقتصر استخدامها فقط حتى وقتنا الحاضر في مركبات الفضاء أو الغواصات .

ومع الاهتمام المتزايد بقضايا البيئة نبعت فكرة ما يسمى بالتقنية النظيفة (Clean Technology) التي من ضمنها الاهتمام بتقنية خلايا الوقود كأحد مصادر الطاقة النظيفة .

ومن مزايا خلايا الوقود مقدرتها على تحويل الطاقة الكيميائية للهيدروجين أو كحول الميثانول إلى كهرباء .

إضافة لذلك فان هذا التحويل يتم بكفاءة عالية تفوق كفاءة تحويل الاحتراق القياسية ، ولا يخلف أى غازات ضارة بالبيئة باستثناء غاز ثاني أكسيد الكربون .

تعتمد فكرة خلايا الوقود في الاستفادة من الطاقة الناتجة عن التفاعل الكيميائي بين الهيدروجين والأكسجين لتكوين الماء وتحويلها مباشرة الى تيار كهربائي . ويجب في هذه التقنية أن يتم التفاعل بين غازي الهيدروجين والاكسجين بتحديد نسبة كل غاز للآخر ووفق ضوابط معينة تمنع تلامسها المباشر ، وعليه فقد عمل الباحثون بمركز دايملر - بنز على فصل هذين الغازين بوساطة غشاء بلاستيكي رقيق تم طلاءه من الجانبين بمحفز (Catalyst) يحتوى على البلاتين .

ومن الجدير بالذكر أن **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** بدأت برنامجا للبحث والتطوير في مجال خلايا الوقود باستخدام حامض الفوسفور في أوائل عام ١٤١٢هـ ، عن طريق محلل كهربائي للماء يعمل بالطاقة الشمسية، وذلك في إطار برنامج الهيدروجين « الهايسولار - Hysolar » ، وهو برنامج بحث وتطوير سعودي - ألماني مشترك في مجال إنتاج واستخدام الهيدروجين بوساطة الطاقة الشمسية ، ويجري تنفيذه تحت مظلة اللجنة السعودية الألمانية المشتركة للتعاون الاقتصادي والفني .

وقد تمكن الباحثون في المدينة من تحضير الأقطاب الكربونية المسامية وتركيبها في عدة خلايا أحادية ، كما تم اختبار عدد من هذه الخلايا عند جهد ٠,٥٢ فولت ، ودرجة حرارة ١٧٥°م ، وضغط جوي واحد جو لفترات قصيرة وطويلة المدى تتراوح من ٢٠٠ إلى ٦٠٠ ساعة ، وتيار كهربائي تتراوح كثافة من (٢٥٠ - ١٧٥) إلى (٦٠٠ - ٧٦٠) ميلى أمبير / سم٢ باستخدام الهيدروجين والهواء ، والهيدروجين والأكسجين على التوالي . وإضافة إلى ذلك فقد تم مؤخراً تصميم وتصنيع واختبار مصفوفات متعددة الخلايا بقدرة ١٠٠ وات ، و ٢٥٠ وات بشكل ناجح ، ومن المتوقع قريباً - بإذن الله - اختبار مصفوفة جديدة بقدرة ١ كيلو وات .

● المصدر :

News letter , Embassy of Fedral Republic Germany - Riyadh, Dec. 1994 .

مصطلحات علمية (*)

● النظم الشمسية الفعَّالة
Active Solar System
نظام مكون من المجمعات الحرارية ، والخزان ، والمائع ، وأنابيب النقل ، وبعض المكونات الأخرى ، ويستعمل إما للتسخين أو للتبريد حسب الآلية المطلوبة .

● كفاءة المجمع
Collector Efficiency
النسبة المئوية للطاقة الحرارية الناتجة إلى الطاقة الشمسية الورادة خلال فترة معينة ، وتتراوح قيمتها من ٥٠ إلى ٨٥٪ .

● مُركِّز **Concentrator**
جزء من المجمع الشمسي التركيزي يعمل على توجيه الإشعاع الشمسي نحو المصاص .

● كفاءة تحويل الخلية الكهروضوئية
Conversion Solar Cell Efficiency
النسبة المئوية للطاقة الكهربائية الناتجة إلى الطاقة الشمسية الواردة ، وتتراوح قيمتها من ١٠ إلى ٢٥٪ .

● إشعاع منتشر **Difuse Radiation**
جزء من الإشعاع الشمسي المنبعث من جميع الإتجاهات وليس مباشرة من قرص الشمس .

● إشعاع مباشر **Direct Radiation**
جزء من الإشعاع الشمسي الصادر مباشرة من قرص الشمس .

● تحويل الطاقة
Energy Conversion
تغير الطاقة من شكل لآخر مثل تغير الطاقة الميكانيكية إلى كهربائية أو كيميائية ، وتحويل الطاقة الشمسية إلى حرارية أو كهربائية .. وهكذا .

● تخزين الطاقة **Energy Storage**
حفظ الطاقة المحولة (حرارية ، كيميائية ، كهربائية) في أجهزة معينة مثل البطاريات والخزانات الحرارية .

● المُجمَّع ذو الأنبوب المفرغ
Evacuated Tube Collector
مُجمَّع شمسي حراري يعمل على تحويل الإشعاع الشمسي الكلي إلى طاقة حرارية ، وتصل درجة حرارة المائع الناتجة عنه إلى ١٣٠° .

● إشعاع شامل **Global Radiation**
مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر الساقط على سطح أفقي في وقت محدد .

● أشعة تحت الحمراء
Infrared Radiation
أشعة ذات أطوال موجية تتراوح بين ٧٦٠ نانومتر (٧٦٠ × ١٠^-٩ متر) ومليمتر واحد .

● الإشعاعية **Irradiance**
كمية الطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المساحة في سطح مستو في وحدة الزمن (وا ط/م٢) أو (ج/م٢/ث) .

● فترة التشعع **Irradiance Period**
فترة زمنية تتعرض فيها مساحة ما لإشعاعية الشمس .

● نسبة التشعع **Irradiance Ratio**
نسبة الإشعاعية الفعَّالة إلى الإشعاعية القصوى الممكنة نظرياً .

● النظم الشمسية السلبية
Passive Solar Systems
نظم استغلال وتوفير الطاقة الشمسية في المباني والمرافق العامة ، وتعتمد على مباديء العمارة الشمسية من التصميم الهندسي إلى التنفيذ .

● خلية كهروضوئية
Photovoltaic (Solar) Cell
أداة اليكترونية لتحويل الأشعة الشمسية إلى طاقة كهربائية مباشرة .

● مقياس الإشعاع الشمسي
Pyronometer
جهاز قياس ورصد تغيرات الإشعاع الشمسي .

● عامل الانعكاس
Reflection Factor
نسبة الإشعاع المنعكس عن سطح ما إلى الإشعاع الكلي الساقط عليه .

● المجمَّع الشمسي **Solar Collector**
أداة لامتصاص الإشعاع الشمسي الساقط وتحويله عادة إلى طاقة حرارية ثم نقله إلى وسط الانتقال الحراري (سائل أو غاز) .

● الثابت الشمسي **Solar Constant**
مقدار فيزيائي (Is) يحدد قيمة الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي ويساوي ١٣٥٣ وات/ م٢ .

● المنزل الشمسي **Solar House**
مباني جديدة تستخدم فيها النظم السلبية والفعَّالة للطاقة الشمسية .

● محطة حرارية شمسية لتوليد القدرة
Solar Thermal Power Station
منشأة مصممة لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية .

● طباخ شمسي **Solar Cooker**
جهاز لطهي الطعام باستخدام الطاقة الشمسية المجمعة .

● مجفف شمسي **Solar Dryer**
جهاز لتجفيف المنتجات الزراعية والصناعية بالطاقة الشمسية .

● التقنية الشمسية
Solar Technology
مجموع التقنيات المتوفرة حالياً لتصنيع معدات الطاقة الشمسية .

● التثاقل الحراري
Thermo Siphon (Natural)
نظام السخانات الشمسية ذات السريان الطبيعي يعتمد على مبدأ التثاقلية الحرارية (اختلاف كثافة المائع نتيجة لارتفاع درجة الحرارة) .

● عامل الإنفاذ
Transmission Factor
نسبة الإشعاع المنفذ عبر مادة معينة إلى الإشعاع الساقط على السطح المشعع من تلك المادة .

(*) المصدر : البنك الآلي السعودي للمصطلحات (باسم) مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

مساحة للتفكير

مسابقة العدد

« الحرف ذ »

في عملية الضرب التالية يمثل كل حرف رقماً معيناً يختلف عن رقم أي حرف آخر

```
        أ
 ×    ج   ب
 ─────────────
      ذ   د
   ش   س
 ─────────────
   ذ   ذ   ذ
```

ما الرقم الذي يمثله الحرف (ذ) ؟

أعـزاءنا القـراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **الحرف ذ** » فأرسلوا

المجلة مع التقيد بما يأتي : –

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

٤ـ آخر موعد لاستلام الحل هو ٢٠ / ٦ / ١٤١٦هـ .

سـوف يتـم السـحـب على الإجـابـات الصحيحـة التي

الحـل ، وسيمنح ثـلاثة من أصحاب الإجـابة الصحيحة جوائز

أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العـدد الثالث والثلاثين

« الحرف أ »

لحل المسابقة في البداية نحدد مجموع (أ + ب + ج) وكذلك مجموع (أ + د + ذ) . وعلى ذلك يمكن القول أن :ـ مجموع (أ + ب + ج) وكذلك مجموع (أ + د + ذ) لا يمكن أن يكون أكثـر من ٢٧ (٩ + ٩ + ٩) والحـروف (ز ، س ، ش) يمثل كل منها رقماً يختلف عن الرقمين الآخرين ، لذلك فإن رقماً واحداً قد حُـمِلَ من العمود الأيمن في عملية الجمع إلى العمود الذي في الوسط ، ورقماً آخر حُـمِلَ من العمود الأوسط إلى العمود الأيسر .

العمود الأيسر	العمود الأوسط	العمود الأيمن
أ	أ	أ
د	د	د
ذ	ذ	ذ
ر ز	س	ش

حتى يكون ماقيل سابقاً صحيحاً ، فإن المجموع الوحيـد للعمود الأول والذي **أقـــل** من أو **يساوي** (٢٧) هو المجموع (١٩) .

وبناءً على ذلك فإن مجموع (أ + ب + ج) وكذلك مجموع (أ + د + ذ) لابد وأن يكون (١٩) .

وعليه فإن قيمة الحروف (**ش ، س ، ز ، ر**) هي (**٢١٠٩**) .

ولو نظرنا إلى ثلاثة أرقام مجموعها (١٩) على أن **لا** يكون أحدها أيّـاً من الأرقام التالية (**صفر ، ١ ، ٢ ، ٩**) فإن الأرقام الثلاثة إما أن تكون (٤ ، ٧ ، ٨) أو (٥ ، ٦ ، ٨) . لذلك فإن **الحرف (أ) يمثل الرقم (٨)** . وعمليتي الجمع الممكنة هي :

```
  ٨   ٨   ٨            ٨   ٨   ٨
+ ٦   ٦   ٦          + ٧   ٧   ٧
  ٥   ٥   ٥            ٤   ٤   ٤
-------------        -------------
 ٢١   ٠   ٩           ٢١   ٠   ٩
```

الفائزون في مسابقة العدد الثالث و الثلاثين

تلقت المجـــلة العديد مـن الرســـائل التـي تحمـل حـل مسـابقة العـــدد الثالث والثـلاثين « الحرف أ » وقد تـم إستبعاد جميع الحلول التي لم تتقيـد بشروط المسابقة ، وكذلـك الرسائل التـي وصلت متأخـرة عن الموعد المحـدد . وبعد فرز الحلـول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من الآتية أسماؤهم :ـ

١ ـ عبد الرحمن حمد الرقيب ـ الطائـف
٢ ـ آمـال حسـين غالـب بيك ـ المدينة المنورة
٣ ـ عزة صبري يوسف جودة ـ القاهـرة

ويسعدنــا أن نقدم للفـائزين هديـة قيمة ، سيتـم إرسالها لهم على عنـاوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد المقبلة.



من أجل فلذات أكبادنا

حرارة الشمس تولد الحركة

فلذات أكبادنا الإعزاء : تعلمون أن الخالق سبحانه وتعالى أودع في حرارة الشمس من الفوائد ما لا حصر لها ، فهي مصدر الدفء وعامل مؤثر في كثير من النشاطات الحيوية والطبيعية والكيميائية على هذه الأرض . وهي عامل مهم في تغير حركة الرياح والمناخ ، وتجربتنا في هذا العدد توضح أثر حرارة الشمس في توليد الحركة بوساطة التيارات الهوائية.

● الأدوات

شريطان من ورق القصدير ، مقص ، قلم لون مائي أسود ، خيط ، قطعة ورق مقوى ، برطمان زجاجي ، شريط لاصق.

● خطوات العمل

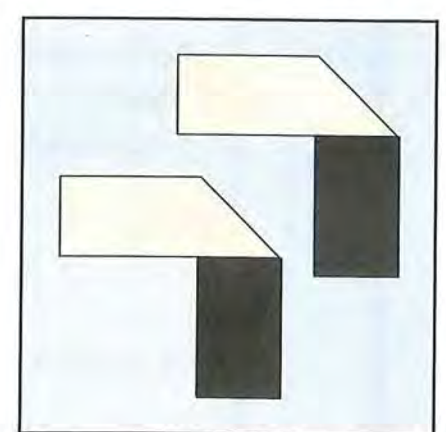
* لون جانب واحد في كل من شريطي القصدير باستخدام قلم اللون الأسود.

* إطوي كل من شريطي القصدير بمحاذاة خط مائل ، الشكل (١).

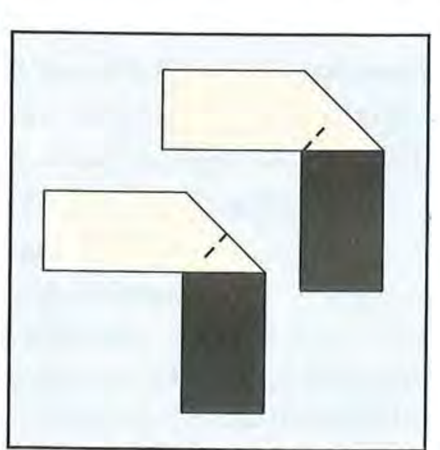
* باستخدام المقص ، إعمل شقاً في محور الطي لكل من الشريطين ، على أن يكون من الأعلى في إحداهما ، ومن الأسفل في الشريط الآخر ، الشكل (٢) .

* أدخل شقوق الورقتين الواحدة في الأخرى لتصنع في النهاية شكلاً لمروحة لها وجه لامع وآخر مكسو باللون الأسود ، شكل (٣) .

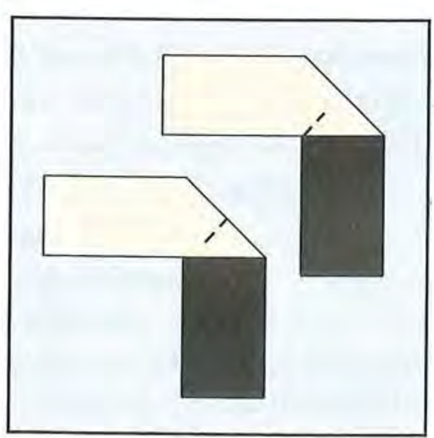
* باستخدام الشريط اللاصق ثبت أحد طرفي الخيط في المروحة والطرف الآخر في منتصف قطعة الورق المقوى ، ثم أدخل المروحة داخل البرطمان بحيث يغطي الورق المقوى فتحة البرطمان ، وتكون المروحة معلقة ، شكل (٤) ، ثم ضع البرطمان في الشمس .

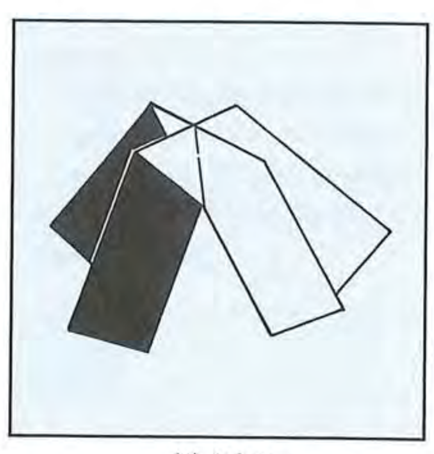


● شكل (١) .



● شكل (٢) .





● شكل (٣) .

● شكل (٤) .

● المشاهدة

عندما نضع البرطمان في الشمس نشاهد دوران المروحة.

● الإستنتاج

نستنتج من هذه التجربة أنه عندما تعرضت المروحة لأشعة الشمس ، فإن الأوجه السوداء منها إمتصت الحرارة ، وبالتالي إرتفعت درجة حرارتها ، مما أدى إلى تسخين الهواء الملاصق لها ، فتولدت تيارات هوائية صاعدة عملت على خلخلة الضغط في الجانب الأسود أدى إلى دوران المروحة .

● المصدر :

إمرح مع الضوء وأسراره / أيمن الشربيني .



كتب صدرت حديثاً

مسائل وحلول في الكيمياء العامة لطلاب المعاهد والكليات العلمية في الجامعات

صدر الجزء الثاني من هذا الكتاب عام ١٤١٦هـ ـ ١٩٩٥م عن مكتبة دار الخريجي للنشر والتوزيع بالرياض، وقام بتأليفه كل من **د. محمد شفيق الكناني** ـ معهد بحوث البترول والصناعات البتروكيميائية ـ مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، و **د. ناصر محمد العندس** ـ قسم الكيمياء ـ كلية العلوم ـ جامعة الملك سعود بالرياض.

يقع الكتاب في ٢٦٤ صفحة من الحجم المتوسط تحوي بين طياتها مقدمة، وخمسة فصول، وإحدى عشر جدولاً، وخمسة أشكال، و٢٧٨ مسألة محلولة وغير محلولة، ومعجم للمصطلحات العلمية، والعديد من المعادلات الكيميائية.

تناولت فصول الكتاب بالترتيب: تفاعلات الأكسدة والاختزال، والكيمياء الحرارية، والثرمودناميك الكيميائي، والحركية الكيميائية، والكيمياء الذرية (التركيب الذري، الجدول الدوري، الروابط الكيميائية).

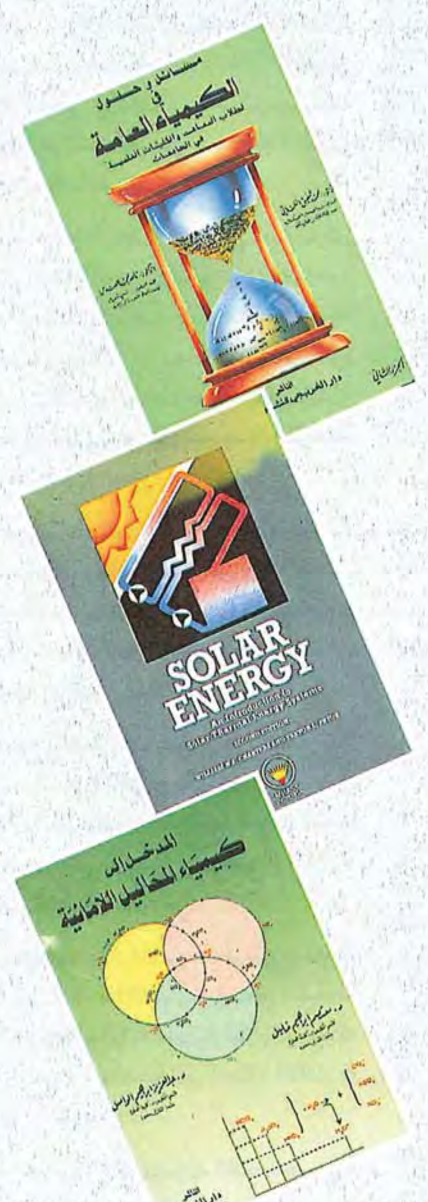
Solar Energy

صدرت باللغة الإنجليزية الطبعة الثانية من هذا الكتاب عام ١٩٩٣م عن هيئة فكتوريا للطاقة المتجددة باستراليا، وهو عبارة عن مقدمة لنظم الطاقة الحرارية والشمسية، قام بتأليفه كل من أ. د. **وليام شارترز** (William W.S. Charters)، قسم الهندسة الميكانيكية، جامعة ملبورن، و د. **تريفور بريور** (Trevor Pryor)، معهد بحوث الطاقة، جامعة مردوك، بيرث باستراليا.

يقع الكتاب في ٨٢ صفحة من الحجم الكبير تحوى إثنى عشر فصلاً إضافة إلى عشر جداول وعديد من الأشكال، وينتهي الكتاب بثلاث ملاحق.

تناولت فصول الكتاب بالترتيب: إستعراض لنظم الطاقة الشمسية، وحفظ الطاقة الشمسية، والإشعاع الشمسي، وتطبيقات الطاقة الشمسية، ونظم الحراريات الشمسية، والأطباق الشمسية، وتخزين المياه الساخنة، ونظم التحكم والحماية ضد التجمد، ونظم الاستخدام المنزلي للمياه الساخنة، والنظم الجديدة للتسخين الشمسي للمياه في برك السباحة.

تناولت ملاحق الكتاب الثلاثة محتوى الطاقة لأنواع مختلفة من الوقود، والنظام الدولي للوحدات (SI)، ومعجم للمصطلحات العلمية في تقنية الطاقة الشمسية.



المدخل إلى كيمياء المحاليل اللامائية

قام بتأليف هذا الكتاب كل من **د. معتصم إبراهيم خليل**، و **د. عبدالعزيز إبراهيم الواصل** ـ قسم الكيمياء ـ كلية العلوم ـ جامعة الملك سعود. وقامت بنشره دار الخريجي للنشر والتوزيع بالرياض عام ١٤١٥هـ ـ ١٩٩٥م.

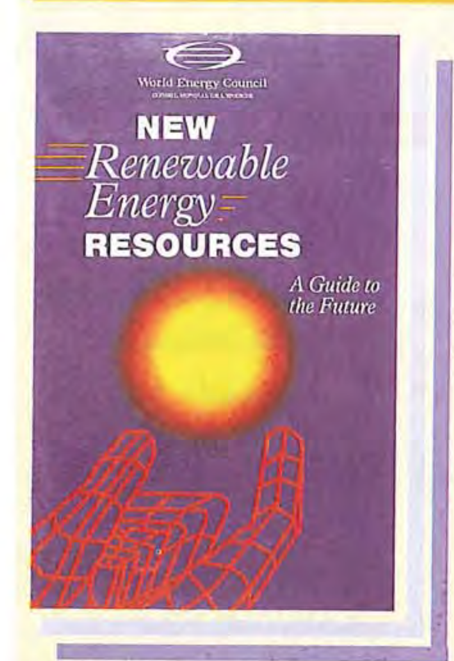
تبلغ عدد صفحات هذا الكتاب ٢١٢ صفحة من الحجم المتوسط بالإضافة إلى تقديم ومقدمة.

يشتمل الكتاب على ستة فصول تتناول الموضوعات التالية: الخواص الطبيعية والكيميائية للوسط، والتقنيات المعملية، والمذيبات البروتينية، والمذيبات الأكسيدية، والمذيبات الأوكسى هاليدية والهاليدية، والأملاح المنصهرة.

يحتوى الكتاب في نهايته على أربعة جداول تتناول الثوابت الطبيعية، وقائمة بالأوزان الذرية للعناصر، وكيفية تحويل وحدات القياس غير الدولية إلى الوحدات الدولية (SI)، بالإضافة إلى الأبجدية اللاتينية، كما يشتمل على قائمة للمراجع الأجنبية، والجدول الدورى للعناصر.

موارد الطاقة المتجددة : التوجه للمستقبل

عرض : د . أسامه أحمد العاني



يعد كتاب « موارد الطاقة المتجددة : التوجه للمستقبل ـ New Renewable Energy Resources A Guide to the Future (World Energy Council) » والذي صدر باللغة الإنجليزية عام ١٩٩٤م بإشراف مجلس الطاقة العالمي (لندن ـ الملكة المتحدة) ـ أكبر هيئة دولية للطاقة تأسست عام ١٩٢٤م وتضم حوالي مائة دولة من ضمنها المملكة العربية السعودية ـ من أحدث الكتب المرجعية الهامة التى تتضمن آخر مستجدات العلوم والتقنية في ميدان مصادر الطاقة المتجددة وتطورها المستقبلي، وقد شكل مجلس الطاقة العالمي لأجل إعداد هذا الكتاب في عام ١٩٨٩م مجموعة عمل تنفيذية تضم أكثر من ثمانين أخصائياً من مختلف دول العالم وذلك للمساهمة في رسم السياسة المستقبلية للطاقات المتجددة وتطبيقاتها وخاصة في الفروع الرئيسة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية الجوفية وطاقة الكتلة الحيوية وطاقة المحيطات والمد والجزر والأمواج وأخيراً الطاقة المائية . يتناول الكتاب أهم الضوابط العلمية اللازمة وطرق النمو الملائمة في إستغلال هذه المصادر خلال العقود القليلة القادمة في معظم البلدان المتقدمة والنامية .

يشمل الكتاب ـ من خلال ٣٩١ صفحة من القطع المتوسط ـ عرضاً إحصائياً مكثفاً للطاقات المتجددة من وجهات النظر التقنية والاقتصادية والبيئية . لذا فإن الكتاب يعد مرجعاً موجهاً إلى الباحثين في مجال الطاقة عامة والطاقة المتجددة خاصة وكذلك إلى العاملين والمسؤولين في مجال سياسة وتخطيط الطاقة .

ونظراً لازدياد الطلب على الطاقة عالمياً وبسبب التأثير المتزايد للعاملين الاقتصادي والبيئي فقد بدأت معظم البلدان المتقدمة والنامية برسم سياسة جديدة تتناول فيها تنظيم إستهلاك الطاقة وعلاقته بالمخزون الطاقي على المدى القريب والبعيد تصل إلى نهاية القرن القادم حتى عام ٢١٠٠م . وتشير كافة الدراسات أن عوامل السياسة الحالية للطاقة وأهمية العامل البيئي في عالم الغد ستؤدي حتماً إلى البحث عن مصادر جديدة للطاقة تكون أكثر أماناً وكفاءة .

وعليه فإن الإختيار العالمي سيتجه إلى إستغلال الطاقة المتجددة في القرن القادم ، وفي هذا الصدد فقد قدمت اللجنة التنفيذية الخاصة بالكتاب بعض النصائح والمقترحات التى تساعد على تحقيق قفزة نوعية في العلوم الهندسية للطاقة المتجددة أهمها : ـ

١ ـ توفير الدعم المالي لمشاريع الطاقة المتجددة في العالم الصناعي من خلال الجامعات ومراكز البحوث وغيرها مما سيساعد على نقل تقنيتها من البلدان الصناعية إلى البلدان النامية .

٢ ـ تشجيع القطاع الخاص في الإستثمار من خلال برامج التأهيل والتدريب في حقل الطاقة المتجددة مما سيساعد على البدء بتأسيس مشاريع نموذجية محلية لأغراض التجريب الميداني .

٣ ـ زيادة عدد المنح لمشاريع البحث والتطوير للطاقة المتجددة وخفض الدعم المالي لبحوث الطاقة التقليدية تدريجياً وذلك لتقليل الفجوة الحاصلة بين الطاقة التقليدية والطاقة المتجددة .

٤ ـ إنشاء مراكز البحوث المتخصصة في الطاقة المتجددة محلياً وإقليمياً ودعم برامج التدريب وتوفير قواعد المعلومات حسب الطلب والأهمية .

يتضمن **الفصل الأول** للكتاب مراجعة عامة لمصادر الطاقة المتجددة والتقليدية حيث تمثل الطاقة التقليدية (كالوقود الأحفوري والطاقة النووية) حالياً المصدر الرئيس للطاقة الكهربائية في العالم وستبقى كذلك على المدى القريب .

أما الطاقة المتجددة فهي لم تصل إلى مرحلة المنافسة مع الطاقة التقليدية ، ومع ذلك فإن تكاليف بعض تطبيقاتها إنخفضت بصورة ملحوظة . على سبيل المثال انخفضت أسعار المجمعات الكهروضوئية ١٠ مرات في الفترة من ١٩٧٠م إلى ١٩٩٠م، ومن المتوقع أن تتابع إنخفاضها في السنوات القليلة القادمة لتصل إلى أقل من ٢,٥ دولار لكل وات كهروضوئي ، وربما يكون العامل الاقتصادي والبيئي مفتاح مؤثر هام في خفض تكاليف كافة نظم الطاقة المتجددة . يحتوي الفصل أيضاً على أشكال ومخططات بيانية يصل عددها إلى أحد عشر بالإضافة إلى خمسة جداول إحصائية توضح التوقعات المستقبلية لإستخدامات الطاقة المتجددة من خلال منظور السياسة الحالية للطاقة ، والسياسة البيئية في الفترات ١٩٩٠ ، ٢٠٠٠ ، ٢٠١٠ ، ٢٠٣٠م .

أورد الفصل بعض الأرقام حول

مساهمة الطاقة المتجددة في إنتاج الطاقة في العالم ، فعلى سبيل المثال لا تتجاوز مساهمة الطاقة الشمسية في الوقت الحاضر ٨,٠٪ وستصل في عام ٢٠٠٠م حوالي ١,١٪ ، و ٣,٨٪ عام ٢٠١٠م ، و ١٠,٨٪ عام ٢٠٢٠م ، أما إذا أهمل تأثير العامل البيئي فإن مساهمة الطاقة الشمسية في إنتاج الكهرباء لن تتجاوز ٣,٨٪ حتى في عام ٢٠٢٠م . كذلك توجد بعض الأرقام والإحصاءات والتقديرات حول طاقة الرياح والطاقة الحرارية الجوفية والكتلة الحيوية والمحيطات والطاقة المائية ، حيث تشير معظمها إلى أن أكبر مناطق العالم التي ستستغل الطاقة المتجددة في المستقبل القريب هي أمريكا الشمالية واليابان والصين وأمريكا اللاتينية وبعض دول شرق اسيا وذلك بمعدل ٢٥٠ ـ ٣٥٠ مليون طن مكافىء نفطي في العام الواحد ، وهذا يعني أن هذه المناطق ستتبع سياسة تنويع مصادر الطاقة .

وفي **الفصل الثاني** تم إستعراض آخر مستجدات الطاقة الشمسية من خلال وصف عام لأهم التقنيات الحالية في مجال تطبيقات الطاقة الشمسية الحرارية تحت درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة مثل العمارة الشمسية والمحركات الحرارية المتقدمة وكذلك تطبيقات الطاقة الشمسية الكهربائية مثل المركزات الكهروضوئية والنظم الكهروضوئية العادية (وحدة شمسية) ، حيث تأرجح مستوى هذه التقنيات بين البحوث والتطوير الميداني والتسويق التجاري . ثم تناول الفصل دراسة الجدوى الاقتصادية لتقنيات الطاقة الشمسية ومقارنتها مع تقنيات الطاقة التقليدية حيث وضعت بعض الأسس لتطوير التقنيات الجديدة في سوق الطاقة أهمها : تحقيق جدوى التطبيق ، وتوفير رأس المال اللازم للاستثمار ، و إزدياد رقعة الإنتاج الصناعي ، و تبدلات عاجلة على المستويين الاجتماعي والتعليمي .

يبدأ **الفصل الثالث** بمقدمة عامة عن أسس طاقة الرياح وتوزعها في العالم وعن أهم التطبيقات الجارية حالياً في مجال تشغيل العنفات والمضخات العاملة بطاقة الرياح ، ونظم طاقة الرياح المربوطة على الشبكة الرئيسة للكهرباء ، ومنشآت مزارع الرياح (محطات طاقة الرياح) . ثم يتناول الفصل تطوير تقنية طاقة الرياح بعد الأخذ بعين الإعتبار المظاهر البيئية والاقتصادية ، كما يعالج الفصل تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية ومدى الإنخفاض المشجع في أسعارها في الفترة من ١٩٩٠ إلى ٢٠٢٠م ، ويدرس الفصل أيضاً الإمكانات المتوقعة لتوليد الطاقة من مصادر الرياح في مختلف مناطق العالم لتصل إلى رتبة تيراوات ساعة في السنة الواحدة .

يتناول **الفصل الرابع** الطاقة الحرارية الجوفية (حرارة جوف الأرض) والتي تتراوح بين (١,١٦ إلى ١,٣٥) ×١٠^٤ مليون طن مكافىء نفطي حيث يبدأ بمقدمة سريعة عن مصادر الحرارة الكامنة في باطن الأرض وإستخداماتها الممكنة حالياً ومستقبلاً . بعد إستعراض أنواع الطاقة الحرارية بدءاً من مرحلة مسح حرارة جوف الأرض وإنتهاءاً بالإستخدامات الفعلية ، كما تم تحديد الجدوى الاقتصادية بإعتماد عامل السياسة الحالية للطاقة والعامل البيئي في الفترة من ١٩٩٠ إلى ٢٠٢٠م .

تناول **الفصل الخامس** طاقة الكتلة الحيوية وطرق الحصول عليها بدءاً من عملية التمثيل الضوئي المعروفة في النبات، حيث يقوم النبات بتخزين الطاقة الشمسية وتحويلها إلى أشكال صلبة وسائلة وغازية . يقدم الفصل تقديرات إحصائية لمدى مساهمة هذا المصدر الطاقي المتجدد في إنتاج الطاقة مستقبلاً ، ثم ينتقل إلى دراسة التقنيات المتوفرة حالياً والتقنيات قيد البحث والتطوير . وعلى سبيل المثال تقدر مساهمة طاقة الكتلة الحيوية حالياً بمعدل ٣٪ فقط من الإنتاج العالمي للطاقة في البلدان الصناعية، في حين تصل إلى ١٣ ــ ١٤٪ في البلدان النامية . بعد ذلك يستعرض الفصل بعض الأمثلة النموذجية لطاقة الكتلة الحيوية كالإيثانول الحيوي والغاز الحيوي والفضلات العضوية من خلال تقنيات الإحتراق المباشر ، والكيمياء الحرارية والتغويز ، والتبادلات الحفزية . كما يتناول الفصل كذلك دراسة تكاليف جدوى التطبيق في بعض المناطق الإقليمية وخاصة البرامج الناجحة فيها .

ناقش **الفصل السادس** طاقة المحيطات بشكل عام ، حيث أنه يمثل بحيرة تخزينية هائلة للإشعاع الشمسي وحركة الأمواج ، والمد والجزر وتغير درجات الحرارة مع العمق والتركيز المائي المتدرج . ثم يتناول الفصل بحث الإستخدامات المختلفة وخاصة ذات الجدوى الإقتصادية ، وقد قدر إجمالي مصادر طاقة المحيطات في عام ٢٠٢٠م بحوالي (١٠,٧ ــ ٥٣,٧) طن مكافىء نفطي في العام الواحد .

تناول **الفصل السابع** والأخير موضوع الطاقة المائية (الكهرومائية) بدءاً بتاريخها ومدى الإستفادة منها في مجال إنتاج الكهرباء (١ ميجاوات وحتى ١٠,٠٠٠ ميجاوات) ، ويحدد الفصل توزع مناطق الإستفادة منها في العالم والتقنيات اللازمة للحصول عليها وذلك للفترة ١٩٩٠ ـ ٢٠٢٠م ، وقد قدرت طاقة المياه حتى عام ٢٠٢٠م بحوالي ٤٧ إلى ٦٩ مليون طن مكافىء نفطي .

وختاماً يمكن القول أن هذا الكتاب يمثل مرجعاً قيماً لآخر مستجدات الطاقة المتجددة ورسم سياستها حتى عام ٢٠٢٠م ، كما يحدد أهم الصعوبات التي تواجه عملية التوسع في إنتشارها ، إلا أن إدخال تأثير العامل الإقتصادي البيئي لمصادر الطاقة التقليدية سيساعد على إيجاد علاقة تكاملية بين الطاقة المتجددة والطاقة التقليدية (عدا الوقود النووي) .

وبشكل عام فإن الكتاب موجه إلى العاملين والباحثين في شؤون الطاقة وخاصة في مجال سياستها وتخطيطها وتكاملها في ميزان الطاقة على المستويين الإقليمي والعالمي . كما أنه يعطي صورة موضوعية حول أسعار وتكاليف الطاقة المتجددة ، بالإضافة إلى ماسبق يقدم الكتاب فرصة طيبة للباحثين الجدد أو لطلاب الدراسات العليا في مجال تقويم مصادر وتقنيات الطاقات المتجددة .



برنامج البحث والتطوير في مجال خلايا الوقود ذات الحامض الفوسفوري

بدأ برنامج البحث والتطوير في مجال خلايا الوقود ذات الحامض الفوسفوري في معهد بحوث الطاقة بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، في أوائل عام ١٤١٢هـ ويعد هذا البرنامج أحد أهم النشاطات في وحدة استخدام الهيدروجين، حيث تم تطوير الأجزاء المختلفة لخلايا الوقود الأحادية (Mono Cells)، والمصفوفات متعددة الخلايا (Stacks) التي تتراوح قدرتها مابين ١٠٠ إلى ١٠٠٠ وات، ويتمثل الهدف الأساس في المرحلة الحالية في تصميم وتصنيع وتشغيل نظام مصفوفات بقدرة واحد كيلووات تغذي بغاز الهيدروجين الذي يتم إنتاجه عن طريق محلل كهربائي للماء يعمل بالطاقة الشمسية.

تمثل خلية الوقود الجيل الرابع من تقنيات توليد الطاقة الكهربائية، بعد التوليد بالطاقة الهيدروليكية، والطاقة الحرارية، والطاقة النووية، وهي عبارة عن جهاز كهروكيميائي يقوم بتحويل الطاقة الكيميائية الناتجة عن التفاعل مباشرة إلى طاقة كهربائية ذات جهد منخفض بدون أي احتراق، حيث يستخدم غاز الهيدروجين كوقود، ويستخدم غاز الأكسجين أو الهواء كمؤكسد بوجود بعض المواد المحفزة للتفاعل.

ومن أهم التطبيقات البحثية التي توصل إليها الباحثون في معهد بحوث الطاقة، في مجال خلايا الوقود ذات الحامض الفوسفوري، مايلي :ـ

* تحضير الأقطاب الكربونة المسامية (Teflon Bonded Gas Diffuission Porous Electrodes) وتركيبها في عدة خلايا أحادية.

* اختبار عدد من الخلايا الأحادية ذات أقطاب مختلفة عند ٠,٥٢ فولت و١٧٥ درجة مئوية، وضغط جوي واحد، لفترات قصيرة المدى وطويلة المدى (٢٠٠ ـــ ٦٠٠ ساعة)، وقد تراوحت كثافة التيار الكهربائي مابين ٦٠٠ ـ ٧٦٠ ملي أمبير / سم٢ باستخدام الهيدروجين والأكسجين و ٢٥٠ ـــ ٢٧٥ ملي أمبير/سم٢، باستخدام الهيدروجين والهواء، والجدير بالذكر إن هذه النتائج مقاربة للنتائج التي تم التوصل إليها عالمياً، ومن المتوقع الحصول على قيم لكثافة التيار الكهربائي تقارب ٣٠٠ ملي أمبير / سم٢ باستخدام الهيدروجين والهواء، وأقطاب ذات مواصفات أفضل.

* تصميم وتصنيع واختبار مصفوفات متعددة الخلايا بقدرة ١٠٠ وات، و ٢٥٠ وات بشكل ناجح، ويتوقع أن يتم الانتهاء من تصنيع وتشغيل مصفوفة بقدرة واحد كيلووات في نهاية العام الجاري.

* دراسة مواصفات الأقطاب سواء قبل الاختبارات أو بعدها باستخدام عدة تقنيات مثل تقنية قياس المسامية (Porosimetry)، والمسح الإلكتروني المجهري (SEM)، واستخدام أشعة أكس في معرفة تكوين المواد (XRD)، وغير ذلك من التقنيات، واستخدام نظام المعالجة بإضافة الحامض الفوسفوري أثناء الاختبار لإطالة عمر المصفوفة.

* تصميم وتصنيع ماكينة عمل الأقطاب في ورش القرية الشمسية والتي تعمل بطريقة الدحرجة بحيث تقوم بجميع العمليات آلياً وقد تم اختبارها وكانت نتائجها جيدة.

وتتميز خلايا الوقود كمصدر للطاقة الكهربائية بما يلي :ـ

١ـ كفاءة عالية، سواء كانت تحت حمل تشغيلي عال أو منخفض، حيث تقدر الكفاءة الكلية مابين ٧٥ إلى ٨٠ (٤٠٪ كهربائية + ٣٥ ـ ٤٠٪ حرارية).

٢ـ إنخفاض مستوى التلوث والضوضاء.

٣ـ إستخدام نسب قليلة جداً من الماء.

٤ـ سرعة وسهولة التركيب، وعدم احتوائها على أجزاء ذات حركة ميكانيكية.

٥ـ إمكانية إنتاج ماء صالح للشرب خلال التشغيل.

ومن عيوبها :ـ

١ـ تكلفة ابتدائية مرتفعة مقارنة بأجهزة إنتاج الطاقة الكهربائية الأخرى، وذلك نظراً لوجود مادة البلاتين كمادة أساس في الأقطاب.

٢ـ قِصر العمر التشغيلي لها.

٣ـ حساسيتها للتكوين الكيميائي للوقود.

بعض تطبيقات الطاقة المتجددة بالهند

أشار وزير مصادر الطاقة غير التقليدية الهندي إلى أنه تم تسيير حافلة ــ سعة ٣٦ مقعد ــ تعمل بالطاقة الشمسية لنقل موظفي الحكومة لأعمالهم بمدينة نيودلهي.

صنعت هذه الحافلة بوساطة شركة عامة تسمى شركة بهرات المحدودة للكهرباء (Bharat Heavy Electric Ltd,) والتي من المتوقع أن تنتج هذه الحافلات على نطاق واسع .

من جانب آخر ، وفي مجال معالجة التلوث البيئي ، فقد أشار الوزير إلى أن نهاية هذا العام ستشهد تصنيع كميات كبيرة من المركبات الصغيرة والمتوسطة ذات الإثنين والثلاث والأربع عجلات التي تستخدم وقود بديل للوقود التقليدي (البنزين والجازولين) لاينجم عنه أي ضرر بالبيئة . وأضاف أن الطرق التقنية لاستبدال ١٥٪ من المركبات التي تعمل بالديزل بمركبات تعمل بالطاقة البديلة قد تم تطويرها ليستفيد منها القطاع الخاص ليصل بها إلى مرحلة التطبيق .

ومما يجدر ذكره أن هذا الإجراء سيساعد في تخفيض الأدخنة الملوثة للبيئة بنسبة ٣٥٪ .

المصدر :

The Solar Letter, Vol.5, No 14, June 1995, P 192 .

محطة كهرورياحية بجواتيمالا

تم إختيار هيئة عالم الطاقة الجديدة (New World Power Corp.) بأمريكا لتشييد محطة كهربائية ـ طاقتها ٦٠ ميجاواط ـ تعمل بطاقة الرياح في جمهورية جواتيمالا بأمريكا الوسطى .

وقد تم إختيار الهيئة المذكورة بموجب عطاء تقدمت به مدينة هيوت (Huite) بجواتيمالا ، وبمساعدة كل من تعاونية الهيئة الوطنية لكهربة الريف العالمية المحدودة (National Rural Electric Cooperative International Limited - NRECIL) بجواتيمالا ، والجمعية الأمريكية لطاقة الرياح . (American Wind Energy Association- AWEA)

يتمثل دور تعاونية الهيئة الوطنية لكهربة الريف العالمية المحدودة في تقديم المشورة للبلديات والتعاونيات والشركات العاملة في تطوير مشاريع الطاقة . بينما تقدم الجمعية الأمريكية لطاقة الرياح الاستشارة والخبرة اللازمة.

ستقوم هيئة عالم الطاقة بتمويل وبناء وتشغيل وملكية المحطة ، أما مدينة هيوت فإنها ستتقاضى ضريبة عن الكهرباء المنتجة نظير امتلاكها لقطعة الأرض التى تشيد عليها المحطة.

ويشير كيفن راكسترو (Kevin Rackstraw) مدير البرامج العالمية للجمعية الأمريكية لطاقة الرياح أن المشروع يمثل إحدى صور التعاون بين دولة فقيرة تمتلك مورد (طاقة رياح) ولكن لا يمكنها الاستفادة منه إلا بمساعدة طرف آخر .

سيتم بناء المرحلة الأولى (١٥ ميجاوات) من المحطة في مطلع عام ١٩٩٦م ، ومن المؤمل أن تكتمل وتبدأ العمل في آخر العام نفسه .

المصدر :

Wind letter, Vol . 22, No. 5, May 1995 .

تشكيل الألماس

تمكن الباحثون بجامعة ولاية أوهايو في الولايات المتحدة الأمريكية من إنتاج رقائق من الألماس النقي لإستخدامها في الصناعة مستخدمين طريقة جديدة تحل العقد القديمة لإنتاج هذه المادة الثمينة .

كانت الطريقة المستخدمة على مدار العشرين سنة الماضية تعتمد على بناء الألماس بإستخدام طريقة ترسيب البخار الكيميائية ، وتحتاج هذه التقنية إلى كميات كبيرة من غاز الهيدروجين أو الهالوجينات الأكولة ، إضافة إلى كونها تنتج رقائقاً من الألماس غير النقي ، بسبب ترسب السناج جنباً إلى جنب مع الألماس .

ونظراً لأن الإعتقاد السائد منذ فترة طويلة بأن الهيدروجين أو الهالوجينات مواداً أساس لتكوين أغشية (رقائق) الألماس ، فإن طريقة الترسيب الكيميائية المحفزة بوساطة أشعة الليزر لفتت إنتباه العلماء إلى إعادة التفكير في هذا الإعتقاد ، خاصة أن الطريقة الجديدة لا تستخدم الهيدروجين ، وتتطلب حرارة أقل ، وتنتج ألماساً نقي (بدون سناج) .

يقوم الباحثون في هذه الطريقة بتنمية (ببناء) دقائق الألماس على قطعة من السيليكون في غرفة مملؤة بخليط من الميثان وأول أكسيد الكربون ، وعند تعريض هذا الخليط إلى أشعة الليزر تحت الحمراء تهتز جزيئات أول أكسيد الكربون بسرعة كبيرة ، مما يؤدي إلى تكسير جزيئات الميثان .

ومن خلال سلسلة من التفاعلات ، لا تزال غير معروفة حتى الآن ، يتكون الألماس خلال أربع ساعات أو أقل ، وهذا - تقريباً - يساوي نصف الوقت اللازم في الطريقة التقليدية .

ومما يجدر ذكره أن الألماس يعد أصلب المواد المعروفة على الإطلاق ، لذا فهو يستخدم لتغطية الآلات التي تستخدم في الصناعات الثقيلة مثل المثاقب والمناشير ، كما يمكن إستخدامه في الأحواض الحرارية للدوائر المتكاملة (Integrated Circuits) ، لإنه يمتص خمسة أضعاف الحرارة التي يمتصها النحاس والذهب ، ونظراً لأهميته فإن البعض يقول : أنه في عام ٢٠٠٠ قد تشكل الرقائق المصنوعة من الألماس الأساس لسوق تجارية تقدر بعدة بلايين من الدولارات .

المصدر :

The Science Teacher Vol. 60, No.2, 1993, P.12

خلايا كهروضوئية متطورة

نجح المختبر الوطني للطاقة المتجددة (National Renewal Energy Lab -NREL) في ولاية كلورادو بالولايات المتحدة الأمريكية في تصنيع خلايا كهروضوئية ذات كفاءة تبلغ ٣٠,٢٪ وذلك عن طريق تقنية حديثة في معالجة أشباه الموصلات . (Semi Conductors)

ويشير العالم فريدمان (Friedman) من المختبر الوطني للطاقة المتجددة أنه بالإمكان زيادة هذه الكفاءة لأكثر من ٣١٪ بزيادة تركيز الإشعاع الشمسي إلى ألف وحدة شمسية (الوحدة الشمسية = واحد كيلوات / م٢) .

ومقارنة بالخلايا الكهروضوئية المصنعة تجارياً فإن هذه الخلايا الكهروضوئية المتطورة المذكورة تعد ثورة في عالم أشباه الموصلات حيث وصلت أقصى كفاءة للخلايا الكهروضوئية المصنعة تجارياً في الوقت الحاضر إلى ٢٠٪ . كما أن الخلايا الموجودة بالقرية الشمسية (تم تركيبها منذ ١٤٠٠هـ / ١٩٨٠م) تصل كفاءتها إلى ١٥٪ .

وفي خطوة لإنتاج الخلايا المتطورة على نطاق تجاري فان المختبر الوطني للطاقة المتجددة قد وقَّع اتفاقية مع كل من هيئة البحوث التطبيقية للطاقة الشمسية (Applied Solar Energy Corp.) ومختبر الطيف (Spectro Lab.) لمتابعة تصنيع هذه الخلايا بغرض إستخدامها في أبحاث الفضاء كمرحلة أولية .

المصدر :

Photovoltaic Insider Report-PVIR, Vol . X1V, No . 6, June 1995, p . 6 .



أعزاءنا القراء

أهلاً ومرحباً بكم مع هذا العدد الجديد من مجلتكم « العلوم والتقنية » . كما تعودنا منكم فسيل رسائلكم لاينقطع ، ومضامينها الشيقة تخلق لدينا مشاعر شتى من الغبطة والفرح ، وفي كل يوم تدفعنا رسائلكم إلى بذل المزيد من الجهد في سبيل إرضائكم واختيار مايناسبكم من الموضوعات التي تجمعون على أهميتها وضرورة إعطائها الأولوية ، وقبل أن نستعرض بعض رسائلكم ، لنا ملاحظة نأمل من الجميع الأخذ بها وهي ضرورة كتابة العنوان على الرسالة نفسها بخط واضح ومقروء ليتسنى لنا الرد عليها ، وهناك ملاحظة أخرى ونخص بها أخواننا الأشقاء في الجزائر حيث نجد البعض منهم يكتب عنوانه بالفرنسية وبخط اليد مما يصعب علينا فهمه ، لذا نأمل منهم كتابة العنوان باللغة العربية واضحاً ، وللجميع جزيل الشكر والتقدير .

*** الأخ الدكتور / سمير فريد رضوان ـ الطائف**

طلب المعلومات البحثية من اختصاص الإدارة العامة للمعلومات وليس الإدارة العامة للتوعية العلمية ، وقد أحلنا رسالتك إلى الإدارة المعنية ، وسوف يوافونك بالمطلوب إن شاء الله .

*** الأخ / بشيري عامر ـ الجزائر**

اهتمامنا برسائل القراء جزء لايتجزأ من واجبنا نحوهم ، أما مساهمتك بمعلومات عن « زرقة السماء » فسوف يتم تقييمه والنظر في إمكانية نشره وشكراً لك .

*** الملازم / خالد عبد الله الحصيني ـ الرياض**

أرسلنا لك الأعداد التي طلبتها ، نأمل أن تكون قد وصلتك ، بخصوص رغبتك الحصول على المجلة بصفة دورية فسوف نحاول تلبية هذه الرغبة قدر الإمكان إن شاء الله ، ولك تحياتنا .

*** الأخ / نواصر محمد ـ الجزائر**

ما نقوم به من إصدار لهذه المجلة ، وما نبذله من جهد في سبيل ذلك ، واجب نعتز به . أما بخصوص إرسال المجلة إليك فسوف نعمل على تحقيقه إن شاء الله ، وشكراً لك .

*** الأخ / سعيد مسعود الفيفي ـ فيفاء**

الأسئلة التي أوردتها ضمن رسالتك غير واضحة وغير محددة ، لذا نرجو توضيحها ليتسنى لنا إجابتك عنها ، أما بخصوص استفسارك عن صدور عدد خاص بالإلكترونيات فلم يصدر بعد ، أخيراً ، فيما يتعلق بتعديل عنوانك فقد تم إجراء التعديل اللازم ، وشكراً .

*** الأخ / محمد على المبهوتي ـ تبوك**

الأعداد التي طلبتها لايتوفر منها سوى البعض الذي سنعمل على إرساله إليك إنشاء الله ، بخصوص الاشتراك في المجلة فلايوجد اشتراك رسمي حتى الآن ، أما فيما يتعلق بتوزيع المجلة فهي توزع من قبل شركة تجارية وليس جهة حكومية كما ذكرت ، ويمكنك معرفة اسمها وعنوانها من صفحة الغلاف الأخير من الداخل . أخيراً ، نشكرك على عباراتك الرقيقة ومشاعرك الطيبة تجاه المجلة ، ولك من أسرة المجلة أطيب التحيات .

*** الأخ المهندس / رفعت محمد زكي ـ جيزان**

العدد الذي طلبته حول موضوع « الغذاء والتغذية » لايتوفر لدينا فنرجو المعذرة ، مع أطيب تحيات أسرة المجلة .

*** الأخ / حبيب درعي ـ الجزائر**

نشكرك كثيراً على رسالتك التي حملت الكثير من عبارات الثناء والإعجاب ، وتأكد أن كل ما نقوم به هو من أجل القراء الكرام في كل أرجاء وطننا العربي الكبير ، وهو في نفس الوقت واجب نعتقد بضرورة الوفاء به والاستمرار في أدائه ، أما بخصوص اقتراحاتك فيطيب لنا أن نجيبك بالتالي :-

١ـ استحداث باب أو ركن خاص بالاستفسارات التي يبعث بها القراء ، إقتراح جيد ولا مانع من العمل به من حيث المبدأ ، إلا أن زاوية « مع القراء » قد تفي بالغرض المنشود خاصة وأن استفسارات القراء حول مواضيع علمية قليلة جداً ، إضافة إلى أن الأسئلة العلمية عادة ما تتطلب أجوبة مطولة وأحياناً مدعمة بالأشكال والصور ومثل هذه الأسئلة نقوم بإرسال أجوبتها على عنوان السائل بصفة شخصية .

٢ـ الاقتراح الثاني بإيجاد ركن يقدم معلومات مختصرة عن تاريخ الاختراعات والمخترعين وأهم الأحداث التاريخية في مجال العلوم والتقنية ، فلعلك تتفق معنا أن باب « عالم في سطور » يفي بهذا الغرض ، شكراً لك مرة ثانية وتقبل أطيب تحيات أسرة المجلة .

*** الأخ / صغيري الطيب ـ الجزائر**

تحياتك وسلامك وصلتنا ولك منا مثلها ، وأهلاً بك صديقاً للمجلة ، كما يسرني إفادتك أننا أرسلنا لك بعض الأعداد من المجلة كما طلبت ، نأمل أن تكون قد وصلتك . لك منا أطيب التحيات .

*** الأخ / عماد الأحمد ـ فيحاء**

شكراً لك على ما أبديته من مشاعر جياشة تجاه المجلة ، وقد قمنا بتلبية رغبتك وأرسلنا لك العددين ٢٣، ٢٤ الخاصين بموضوع الفلك ، نأمل أن يكونا بين يديك الآن .

*** الأخ / عبد الله يحيى الخيري ـ الليث**

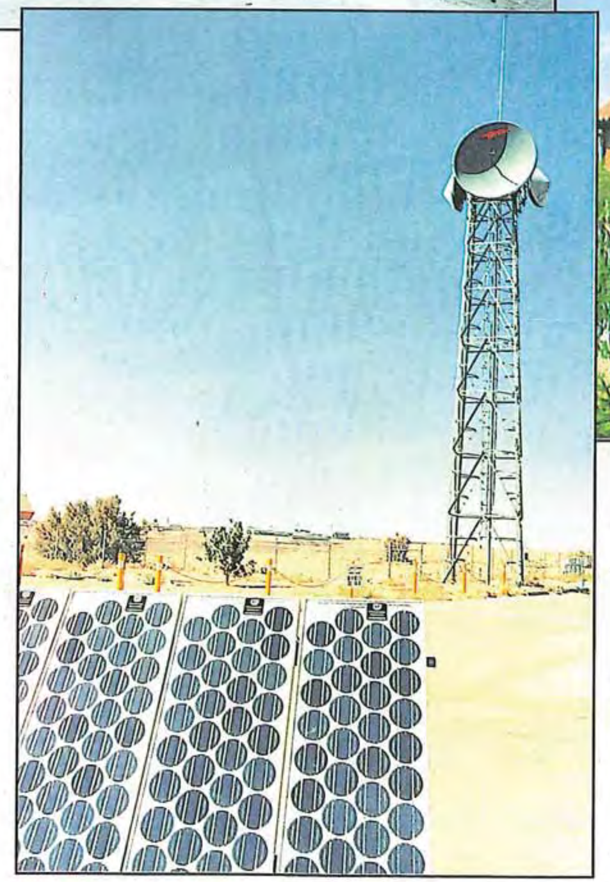
مجلة العلوم والتقنية توزع على جميع المدارس المتوسطة والثانوية «بنين وبنات» في جميع مناطق المملكة التعليمية ، ولاشك أن أعدادها السابقة موجودة في مكتبة مدرستك ، دعاؤنا لك بالتوفيق .

في
العدد المقبل

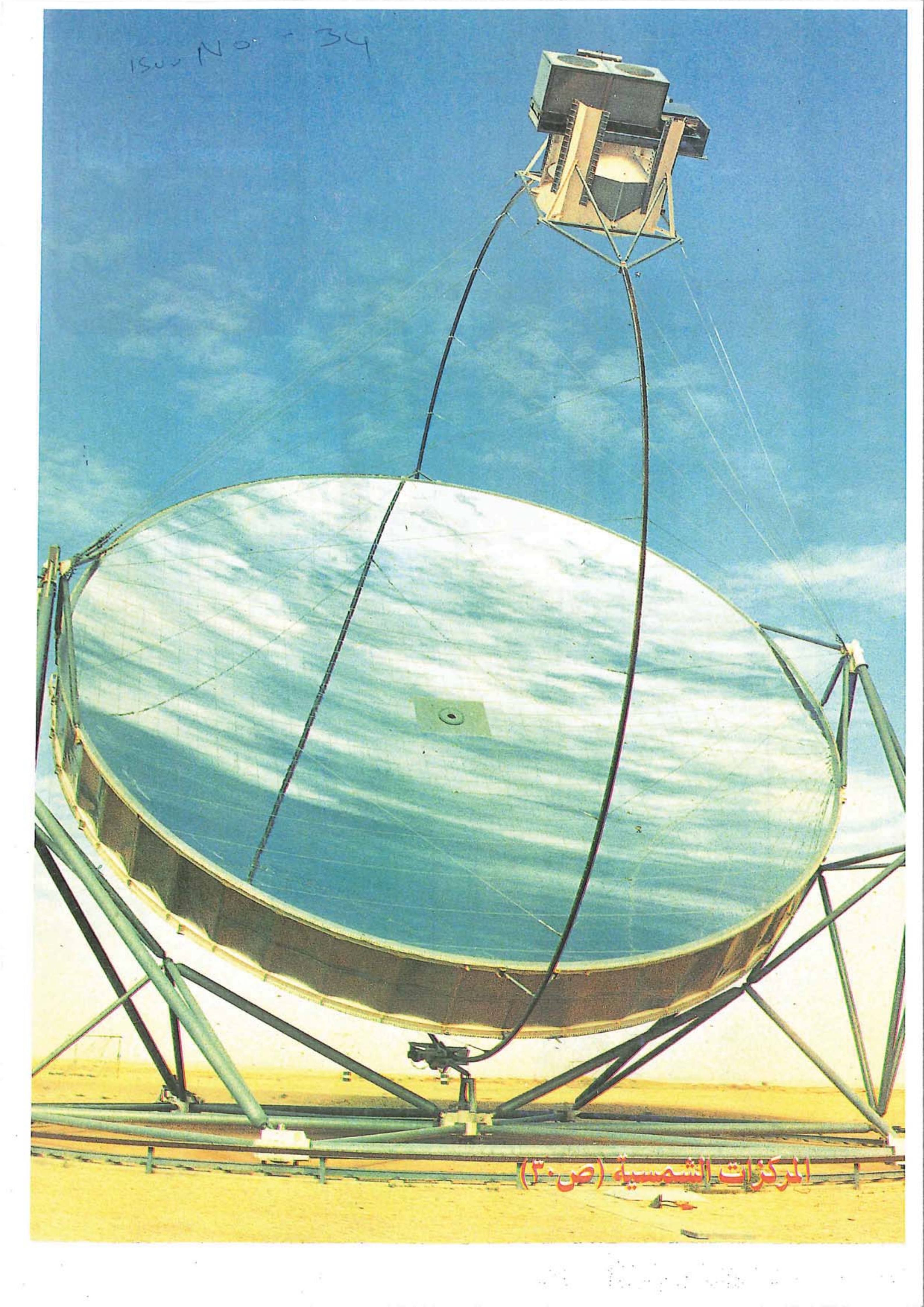
الطاقة الشمسية

(الجزء الثاني)





التجهيزات الفنية
بمطابع مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية



المركزات الشمسية (ص٣٠)

العلوم والتقنية

● مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ● السنة التاسعة ● العدد الخامس والثلاثون ● رجب ١٤١٦هـ/ديسمبر ١٩٩٥م



الطاقة الشمسية

(الجزء الثاني)

● الطاقة الشمسية والفضاء
● المباني الشمسية
● تحلية المياه

ISSN 1017 3056

منهاج النشر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :ـ

١ـ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ـ أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ـ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ـ أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥ـ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦ـ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

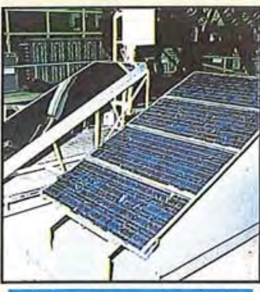
٧ـ المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

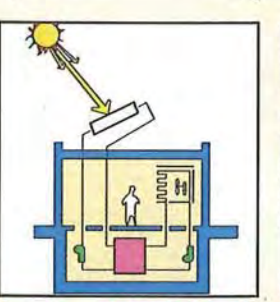
محتويات العدد

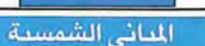


الأنابيب الحرارية



النظم الكهروضوئية





المباني الشمسية

المراسلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ ـ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ـ الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia





كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

تتـوالى الأيام ويتـوالى معهـا صـدور مجلة « العلـوم والتقنيـة» ويزداد رسوخها ، والإقبال عليهـا من قبل قراء العربية في شتى بقاع العالم العـربي ، ونحن إذ نحمد الله على أن وفقنا لتحقيق ولـو جزء بسيط من رغبات القارىء العزيز لنسألـه سبحانه وتعالى أن يمدنا بالعون والتوفيق لمواصلة مشوارنا وتحقيق ما نصبوا إليه .

قراءنا الأعزاء

يصـدر هذا العـدد حامـلاً بين دفتيـه الجزء الثاني من مـواضيع الطاقـة الشمسية ، آملين بـذلك أن نكون قـد أشبعنا رغبـة القارىء حول مـوضوع يعد مصـدراً أساسـاً مـن مصادر الطاقـة التي يعول عليها في المستقبل القريب إن شاء الله لتغطية احتياجات البشرية من الطاقـة ، وللتقليل من الاعتماد الكلي على مصادر الطـاقة التقليـدية ، وبعض آثارها السلبية في تلويث البيئة .

يشتمل هـذا العـدد على العديـد من المواضيع ، تتمثل في الطـاقـة الشمسية والمباني ، وتحليـــة المياه بالطاقـــة الشمسية ، والنظم الكهروضوئيةوتطبيقاتها ، واقتصـاديات الطاقة الشمسية ، ونظم الأنـابيب الحراريـــة، والطاقــة الشمسيـة في الفضـاء ، وإنتـاج واستخـدام الهيدروجين ، إضـافـة إلى الأبواب الثـابتـة التي درجت المجلة على تضمينها في كل عدد .

وأخيراً لايسعنـا إلا أن نشكـر لكم حـرصكم وتفـانيكم في اقتنـاء المجلـة والحصول عليهـا ، يشـــير إلى ذلك الكم المتواصـــل من رسائلكم التي تـرد إلينـا ، وهـذا مما لاشـك فيـه يدفعنـا إلى بذل المزيـد مـن الجهـــد والعطـاء ، والله من وراء القصـد ، وهو الهادي إلى سواء السبيل ،،،

سكرتارية التحرير

د. يوسف حسن يوسف
د. ناصر عبد الله الرشيد
أ. محمد ناصر الناصر
أ. عطية مزهر الزهراني

التصميم والإخراج

طارق يوسف
عبد السلام ريان

* * *



محطة أبحاث القرية الشمسية

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية



تضمن النظام الأساس لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية (الصادر بالمرسوم الملكي رقم م/٨ وتاريخ ١٩/٤/١٤٠٦هـ) القيام بدعم وتشجيع البحث العلمي التطبيقي في المملكة ، كما ورد في المادة الثالثة من نظام المدينة ذكر أهمية توفير مستلزمات البحث العلمي من مختبرات ووسائل إتصالات ومصادر معلومات، ومن هذا المنطلق حققت المدينة العديد من الإنجازات منها إنشاء القرية الشمسية في العيينة ـ ٤٥كم إلى الشمال الغربي من مدينة الرياض ـ والتي يعود انشاؤها إلى عام ١٤٠٠هـ من خلال برنامج التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية والولايات المتحدة الأمريكية في مجال الطاقة الشمسية .

أهداف المحطة

تتمثل الأهداف التي من أجلها تم إنشاء محطة أبحاث القرية الشمسية بالعيينة فيما يلي : -

١ ـ إجراء تجارب وتطبيقات علمية ذات علاقة بالطاقة الشمسية في المدن والمناطق النائية .

٢ ـ تطوير البحوث العلمية والتطبيقية في مجالات الطاقة الشمسية .

٣ ـ تدريب وزيادة الوعي العلمي للكوادر البشرية السعودية في مجال الطاقة الشمسية .

مراحل إنشاء المحطة

تم إنشاء محطة أبحاث القرية الشمسية من خلال ثلاث مراحل زمنية متتالية يمكن توضيحها كما يلي :

● المرحلة الأولى

استغرق العمل في هذه المرحلة في الفترة من ١٤٠١هـ إلى ١٤٠٦هـ وعُرف المشروع حينئذ باسم مشروع القرية الشمسية ، وتم في هذه المرحلة تأمين الكهرباء للقرى المجاورة له .

● المرحلة الثانية

عُرف المشروع في هذه المرحلة (١٤٠٦هـ ـ ١٤١٠هـ) باسم محطة أبحاث القرية الشمسية بعد أن جرى توسع المشروع الرئيس ، وتضمن مشاريع مختلفة تتعلق بقياسات وإختبارات نظم تطبيقية للطاقة الشمسية وخاصة في مجال الكهروضوئيات والحراريات الشمسية . وقد برز في هذه المرحلة بحوث تطبيقات الطاقة الشمسية تحت مظلة التعاون السعودي ـ الألماني حيث تم تنفيذ أحد التصاميم المقترحة في تشغيل المحركات الحرارية المتقدمة (الأطباق الشمسية) بقدرة ١٠٠ كيلووات . من جهة أخرى تم تصميم وإنشاء أكبر محطة لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية في الشرق الأوسط والتي تعد كذلك من كبرى المحطات في العالم وقد ربطت هذه المحطة مع التجهيزات الهندسية السابقة في موقع القرية الشمسية . وقد كان من أهم النتائج في هذا المجال نقل تقنية طاقة الهيدروجين إلى المملكة على إعتبار أن الهيدروجين هو وسط مناسب لنقل وتخزين الطاقة الشمسية ، كما تقوم مختبرات القرية الشمسية بصورة مستمرة بتطوير أجهزة ومعدات مختلفة تعمل بالهيدروجين كخلايا وقود وآلات إحتراق حفزي وغيرها .

● المرحلة الثالثة

تم التوسع في محطة أبحاث القرية الشمسية خلال هذه

المرحلة (١٤١١هـ - ١٤١٥هـ) لتشمل نشاطات أخرى في الطاقة المتجددة من أهمها إنشاء مختبرات جديدة لتلائم متطلبات البحوث في هذا المجال مثل مسح مصادر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ، والتركيز على تطبيقات تلائم طبيعة المملكة كتطبيقات المناطق النائية وتحلية المياه . كما طُورت مختبرات عدة في مجال الكهروضوئيات والحراريات وخلايا الوقود ، فضلاً عن البدء في تأسيس شبكة معلومات عن الطاقة لمساعدة الباحثين على الإطلاع على آخر مستجدات علوم التقنية في الطاقة المتجددة.

المختبرات الرئيسة للمحطة

تشتمل محطة أبحاث القرية الشمسية على العديد من المختبرات المتخصصة، والأنشطة المساندة يمكن حصرها في الآتي :

١ ـ مختبر تجريب المجمعات الحرارية والكهروضوئية : ويتضمن معدات وأجهزة قياس دقيقة تساعد على إختبار المجمعات الحرارية والكهروضوئية بهدف تعين كفاءتها تحت الظروف المعملية . ويساعد هذا المختبر على تحديد المواصفات القياسية اللازمة لتصميم وتصنيع المجمعات الشمسية بكافة أنواعها وأشكالها .

٢ ـ مختبر التحكم الآلي والقيادة الكهربائية: ويتكون من لوحات كهربائية وإلكترونية توضح توزيع القدرة الكهروضوئية في الشبكة الكهربائية ، والمراقبة ، والتشغيل المستمر والمتقطع للمحطة الكهروضوئية بقدرة ٣٥٠ كيلووات .

٣ ـ محطة سدوس للطاقة الشمسية: وتقع على بعد ١٨ كيلو متر عن موقع القرية الشمسية وتتكون من مجمعات كهروضوئية (١١,٢ كيلو وات) ، وغرف تحكم ومراقبة وتشغيل وبطاريات تخزين ، وأجهزة تحلية متعلقة بوحدة التناضح العكسي ، وخزانات مائية بالإضافة إلى أجهزة الحاسب الآلي وتخزين البيانات . هذا وتقدر كمية المياه الصالحة للشرب المنتجة من هذه المحطة حوالي ٦٠٠ لتر/ساعة من عمق يصل إلى ٥٦متراً تقريباً . وتمثل هذه المنشأة مختبر تجريبي نموذجي لنظم ضخ وتحلية المياه المالحة بالطاقة الشمسية .

٤ ـ مختبرات إنتاج الهيدروجين: وتتضمن معدات وأجهزة خاصة بتقنية إنتاج الهيدروجين ، وتحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للهيدروجين المنتج بالطاقة الشمسية .

٥ ـ مختبر آلات الإحتراق الداخلي : ويستخدم في تعديل بعض المحركات لتتلاءم مع وقود الهيدروجين ، ودراسة ومراقبة عمل هذه المحركات وقياس كفاءتها .

٦ ـ مختبر الإحتراق الحفزي : ويقوم بتصميم وتصنيع معدات وأجهزة تعمل على مبدأ الإحتراق الحفزي بإستخدام الهيدروجين ، ومن أهم تطبيقات هذا المختبر، الإنارة ، والطهي ، والتبريد والتسخين وكذلك حرق ومعالجة نواتج المحركات الملوثة وغيرها .

٧ ـ مختبر خلايا الوقود : ويقوم بالأبحاث الأساس المتعلقة بتطوير وتصنيع خلايا الوقود التي تعمل بالهيدروجين من مواد متوفرة محلياً ، وقد نجح المختبر حتى الآن في تطوير نماذج مختلفةمن خلايا وقود تعمل بحامض فوسفور بقدرات كهربائية ١٠٠ ، ٢٥٠ ، ٥٠٠ ، ١٠٠٠ وات، كما يتضمن المختبر معدات وأجهزة خاصة كالأفران والمساحيق والمواد الكيميائية ، وأجهزة قياس السماكة ، ومجسات خاصة لكشف تسرب غاز الهيدروجين بالإضافة إلى بعض أجهزة التحكم والمراقبة لعمليات التشغيل العادية في المختبر .

٨ ـ مركز الحاسب الآلي : ويحتوي على أجهزة الحاسب الآلي اللازمة لإختبار المعدات الموجودة في القرية الشمسية ، وتقديم الخدمات البيانية والرسومات وغيرها لكافة الباحثين ، إضافة إلى صيانة كافة الحاسبات وتشغيلها وتحديثها .

٩ ـ الورش الهندسية : وتستخدم في تدريب الكوادر المحلية ، وصيانة الأعطال المفاجئة ، وتصنيع معدات وقطع خاصة بالمشاريع الجارية ، كما تقدم خدمات فنية لبعض الأقسام والإدارات الأخرى في المدينة .

١٠ ـ المكتبة ومعلومات الطاقة : وتمثل قاعدة المعلومات الأساس التي رافقت ـ زمنياً ـ مراحل إنشاء وبناء مشروع القرية الشمسية ، وقد كانت الحاجة ملحة لتطوير خدمات المكتبة . ولذا فقد طُورت حديثاً لتشمل أجهزة ووسائل عرض متميزة ، وقواعد معلومات خاصة كالسجل الوطني لمشاريع الطاقة المتجددة ، وبيانات الإشعاع الشمسي والرياح وغيرها . هذا وتقدم المكتبة خدماتها إلى كافة الباحثين من داخل وخارج المدينة من خلال رصد كافة الخدمات العلمية المطلوبة .

نظرة مستقبلية

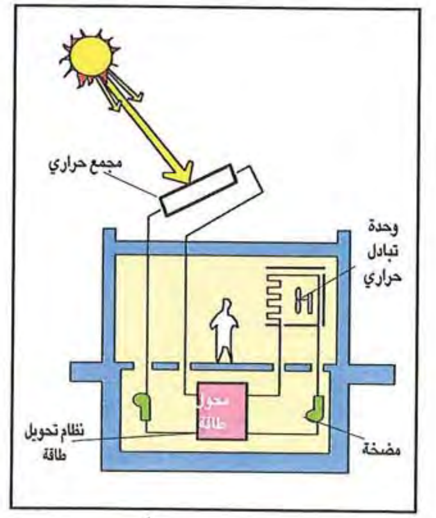
نظراً لأهمية القرية الشمسية كأحد النماذج البحثية المتطورة في العلوم والتقنية في المملكة وفي المنطقة الإقليمية والعربية ، وكمجمع متكامل لمختبرات معهد بحوث الطاقة بالإضافة إلى وجود بعض المختبرات الأخرى في المباني الجديدة لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، فإن المرحلة المستقبلية ستتميز ـ بإذن الله ـ بتطوير أبحاث الطاقة عامة والطاقة المتجددة خاصة، وبناءاً على ذلك فقد تم تحديد عدد من الإتجاهات العلمية التي تساعد على تطوير القرية الشمسية من أهمها دراسة نظم الطاقة التقليدية وتأثيراتها الكهرومغناطيسية على الإنسان والبيئة ، وتطبيقات النظم الحرارية والكهروضوئية للطاقة الشمسية ، ومتابعة البحث والتطوير في تقنية نظم إنتاج الهيدروجين وإستخداماته العملية ، وإيجاد الطرق والوسائل الجديدة في تخزين الطاقة بكافة أشكالها ، وتطوير أداء المنزل الشمسي للإستفادة من الطاقة الشمسية ، ومتابعة تجميع البيانات لمختلف مصادر الطاقة المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وحرارة جوف الأرض ، وتحليل وتوثيق المعلومات المرتبطة بشؤون الطاقة وإعداد وسائل العرض المناسبة ، بالإضافة إلى تنظيم الزيارات العلمية في سبيل تطوير مفهوم الطاقة والتوعية الإجتماعية .

الطاقة الشمسية والمباني

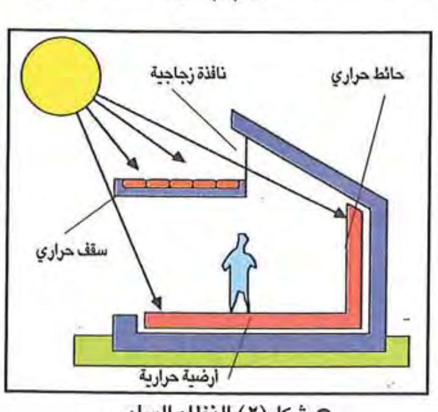
م. أسامة عبد العزيز أركوبي

من المعلوم أن أشعة الشمس ذات تأثير قوي ومباشر على حياة الإنسان وبيئته العمرانية . ويختلف هذا التأثير بإختلاف الظروف الطبيعية لكل موقع على سطح الكرة الأرضية . ففي المناطق الحارة يكون لأشعة الشمس تأثيرها غير المرغوب فيه ، مثل الزيادة في درجة حرارة المناخ الخارجي ومن ثم في درجة حرارة الفراغات الداخلية للمباني ، وبالتالي يعد ذلك التأثير أحد الجوانب السلبية لأشعة الشمس التي يتحتم تجنبها أو التحكم فيها . أما النواحي الإيجابية لأشعة الشمس فإنها تتمثل في كونها طاقة إقتصادية يمكن أن تسخَّر لخدمة جوانب مختلفة من متطلبات الانسان المعيشية مقارنة بالطاقة التقليدية المستعملة في التدفئة والتسخين ، إضافة الى الناحية الاقتصادية فإن المردود الكبير في حماية البيئة المحيطة من التلوث الذي تسببه طرق التدفئة والتسخين التقليدية يجعل من إستعمال الطاقة الشمسية وسيلة جيدة لتحقيق هذا الهدف ، لذلك اتجهت معظم الدول وخاصة الصناعية لإستخدامات الطاقة الشمسية لخدمة المجالات المختلفة من الحياة ، كما أن الدراسات والأبحاث تعطي مؤشرات جيدة على تطبيقاتها العملية في مجال العمارة .

اتخذ إستعمال الطاقة الشمسية في المباني نهجين تقنيين هما : النظام الفعَّال (Active Solar Energy) ويعتمد على الإستفادة من الطاقة الشمسية بأسلوب منفصل عن التكوين المعماري والنظام الإنشائي للمبنى ، كما أنه يعتمد على تحويل الطاقة الشمسية إلى أنواع أخرى من الطاقة مثل الطاقة الكهربائية أو الطاقة الميكانيكية تهيئة لإستخدامها في المباني ، شكل (١) . أما النظام الآخر فيسمى بالنظام الشمسي السلبي (Passive Solar Energy) ، وهو نظام شمسي يتم فيه توظيف تقنية مبسطة تعتمد على الإنتقال الطبيعي للحرارة وإستخدام مصادر الفقد والإكتساب الحراري التي تتوفر في البيئة في تكامل مع العناصر المعمارية المكونة للمبنى من نوافذ وأسقف وحوائط وأرضيات ، وقد يقتضي النظام استخدام وسائل ميكانيكية بسيطة كمراوح التهوية والشفط وذلك من أجل رفع كفاءة النظام وتحسين أدائه ، شكل (٢) ، وفي كلا الحالتين الطبيعية والفعالة فان الطاقة المجمعة أو المخزنة تستخدم في التبريد والتدفئة والتشغيل والإضاءة .. وغيرها ولكن بنسب مختلفة .



● شكل(١)النظام الفعَّال.



● شكل(٢) النظام السلبي .

النظام الشمسي الفعَّال

يعتمد النظام الشمسي الفعال في عمله على تحويل الإشعاع الشمسي الحراري إلى الأنواع الأخرى من الطاقة قبل إستخدامها في المباني ، وينقسم النظام الفعال إلى قسمين حراري وكهروضوئي .

● النظام الحراري

يعتمد هذا النظام على إستخدام لواقط شمسية (Solar Collectors) لتجميع وتركيز الإشعاع الشمسي ، توضع هذه اللواقط فوق المبنى أو على الواجهات المعرضة لأشعة الشمس ، وقد تكون هذه اللواقط ثابتة أو متحركة حيث ترتبط اللواقط المتحركة بنظام ميكانيكي متابع لحركة الشمس (Solar Tracing) ، وقد يستخدم الهواء أو الماء أو أي موائع أخرى في عملية نقل الطاقة الحرارية لإستخدامها مباشرة في تسخين المياه والتدفئة ، كما

يمكن استخدام النظام الحراري في تبريد المباني بطريقة غير مباشرة عبر ربطها بنظم ميكانيكية مثل نظم التبريد بالإمتصاص الحراري ، والتبريد بالتجفيف، وغيرها .

● النظام الكهروضوئي

يعتمد هذا النظام على تحويل الإشعاع الشمسي مباشرة إلى تيار كهربائي بوساطة الخلايا الكهروضوئية في إمداد المنازل بالكهرباء ، ولضمان إستمرارية الإمداد عند الحاجة فإنه يتم تخزين الطاقة الكهربائية في نظم خاصة مصاحبة لوحدات الإنتاج .

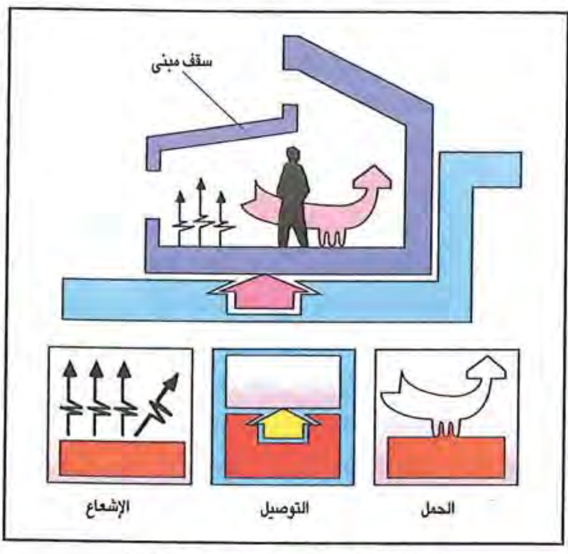
استخدمت الخلايا الكهروضوئية في بعض التصاميم الحديثة كعنصر معماري وإنشائي ضمن تركيبة المبنى ، حيث استفيد منها في توليد الطاقة الكهربائية إضافة لتحقيق الإنارة الطبيعية كزجاج شبه شفاف للنوافذ والفتحات أو في هيئة طوب زجاجي تبنى به الواجهات الخارجية للمباني . وفي بعض التصاميم استخدمت خصائص مجمعات الخلايا الكهروضوئية كمصدر مزدوج للطاقة الكهربائية والطاقة الحرارية في وقت واحد ، وذلك لأن هذه الخلايا تمتص معظم الإشعاع الشمسي وتحول جزء منه (في حدود ١٥٪ أو أقل) إلى طاقة كهربائية والباقي يطرد كطاقة حرارية يمكن استغلالها في التدفئة . ومما يجدر ذكره أن كفاءة هذا النظام تقل بإرتفاع درجة الحرارة حيث أن تصميم الخلايا الشمسية يتم ضمن منظومة التدفئة.

النظام الشمسي السلبي

تستخدم الطاقة الشمسية في النظام السلبي (الطبيعي) في تسخين المياه وتدفئة وتبريد المباني ، أي خفض ورفع درجة الحرارة الداخلية لها . ويعتمد النظام الشمسي السلبي على الأساسيات التالية :

● الإنتقال الطبيعي للحرارة

الإنتقال الطبيعي للحرارة هو عبارة عن تبادل حراري بين جسمين أحدهما ساخن (الذي يفقد الحرارة) وآخر أبرد (يكتسب الحرارة) إلى أن تصل إلى درجة الإتزان الحراري ، ويتم ذلك إما بالحمل (Convection) أوالتوصيل (Conduction) أوالإشعاع (Radiaton) ، شكل (٣) .



● شكل (٣) الانتقال الطبيعي للحرارة .

● الإكتساب أو الفقد الحراري

يتم استغلال الإشعاع الشمسي في حالة التدفئة وتسخين المياه إما بطريقة مباشرة بإكتساب الحرارة (Heat gain) عبر النوافذ والفتحات ، وإما غير مباشرة بوضع جسم ذو خصائص حرارية يقوم بإمتصاص الحرارة ثم إشعاعها للفراغ أو نقلها وتخزينها لإستخدامها عند الحاجة . كما يتم الإستفادة من مصادر الإنخفاض الحراري (Sources of Heat Sink) أو الفقد الحراري (Heat loss) الناتجة من تأثير حركة الشمس اليومية والفصلية والتي توفرها البيئة المناخية في تبريد الفراغات الداخلية ، ويختلف الفقد الحراري من بيئة إلى أخرى وذلك كما يلي :

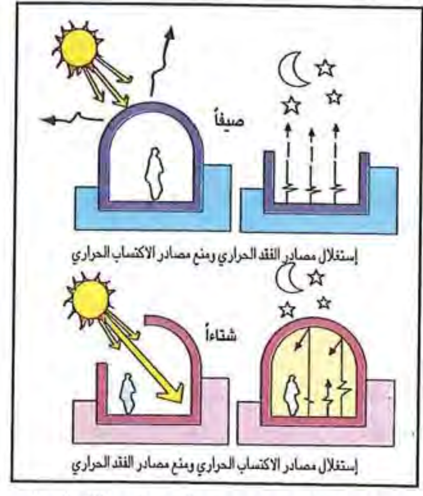
* **المناطق الحارة الجافة :** وتتميز بانخفاض شديد في نسبة بخار الماء في الهواء المحيط (Ambient Water Vapor) مما يساهم في المساهمة في تطبيق أساليب التبريد بالتبخير .

وتتميز المناطق الحارة الجافة أيضاً بارتفاع درجات الحرارة نهاراً وانخفاضها ليلا إلى درجات قد تصل إلى أقل من معدل الراحة الحرارية للجسم (Thermal Comfort) بسبب الفقدان الحراري بوساطة الحمل .

وقد تنخفض درجة الرطوبة ليلاً نتيجة للإشعاع غير المباشر الناتج عن وجود سماء صافية ليلاً (Night Sky) مما يمكّن الأجسام والأسطح المستوية من فقدان حرارتها لتصل إلى درجة الإتزان الحراري.

إضافة لذلك يحقق الإتصال المباشر وغير المباشر بتربة الأرض تحت السطحية مصدراً للتبادل الحراري بدرجة تسمح بإنتقال الحرارة من داخل المبنى إلى خارجه ، وهو ما يعرف ببرودة الأرض تحت السطحية (Earth Cooling) ، شكل (٤) .

* **المناطق الحارة الرطبة:** وتتميز بان المصادر السابقة للنظام السلبي لا تتحقق فيها فعالية عالية ، وذلك ناتج عن قلة التباين الحراري اليومي أو الفصلي ، لذلك فإن تحقيق الراحة الحرارية محددة باستخدام سريان الهواء الطبيعي للتخلص من الرطوبة العالية داخل الفراغ ومن على جسم الإنسان ، وفي تخفيف الحمل الحراري الواقع على المبنى .



● شكل(٤) استغلال مصادر الاكتساب والفقد الحراري. .

● وسائل مساندة التبريد والتدفئة

تهدف هذه الوسائل إلى تحقيق الراحة الحرارية للساكن حسب الحاجة إليها . وحيث أن مصادر الإكتساب والفقد الحراري الطبيعي في معظمها غير منتظمة خلال العام ، فان فعالية النظم السلبية تعتمد على وجود وسائل مساندة حرارية تصمم مع المبنى ، وتحقق هذه الوسائل إستمرارية النظام وتحسين أدائه . وتتحدد هذه الوسائل في العناصر التالية :

* **عناصر التخزين (Storage Components) :** وتتكون من مواد ذات خصائص حرارية وطبيعية تمتاز بمعدل عالي لإمتصاص وتخزين الحرارة (أي مايعرف بالسعة الحرارية) . كما يجب أن تكون عناصر التخزين قادرة على توصيل الحرارة بزمن معقول (أى مايعرف بالإيصالية الحرارية للمادة) ، وقد تكون هذه المواد في شكل الطوب المحروق أو الطوب الأسمنتي أو الحجارة ، أو في شكل موائع كالماء وزيت البارافين .. الخ ، تعبأ هذه المواد في حاويات أو عبوات ثم توضع في مواجهة المصدر الحراري (مباشرة) أومجرى نظام التدفئة والتبريد (غير مباشر) .

* **عناصر التوزيع (Distribution Systems) :** وتقوم بمهام تحريك ونقل الحرارة من النظم السلبية الطبيعية إلى الفراغ المراد تبريده أو تدفئته . وتعتمد عناصر التوزيع على إستخدام الموائع والغازات في إيصال الحرارة ، وذلك عبر الإنتقال الطبيعي للحرارة بالتوصيل والحمل والإشعاع . وقد يستلزم الأمر إستعمال وسائل مساندة مثل المراوح والمضخات في عملية الإمداد . وتعتمد مادة التوزيع على نوع النظام الحراري الموظف في المبنى . فإذا كان هذا النظام نظاما سلبياً مباشرا مثل نظام التبريد بالتبخير المباشر ـ النوافير والمسطحات المائية ــ فإن المتطلب الوحيد لعنصر التوزيع هو التهوية الطبيعية ، أما إذا كان النظام السلبي الموظف نظام غير مباشر أو مشترك مثل نظام المثعب الحراري ـ مايعرف بالترموسايفون (Thermosyphon System) ـ فإنه يتطلب وجود قنوات للإمداد محكمة العزل وبالقرب من المصدر الحراري لكي يؤدي وظيفته بفعالية.

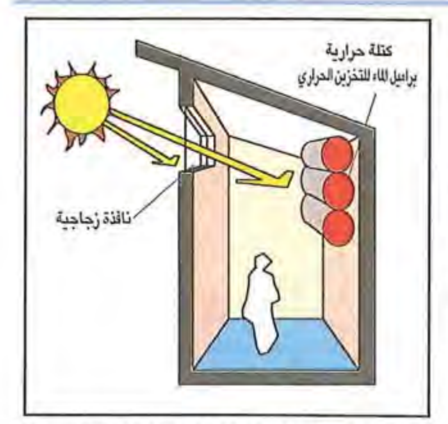
* **عناصر التحكم (Control Systems) :** والتي بدونها تفقد النظم السلبية الموظفة في المباني فعاليتها . فقد تفقد أو تكتسب المباني كمية كبيرة من الحرارة مما يزيد من أحمال التبريد أو التدفئة المطلوبة لتحقيق الراحة الحرارية ، لذلك فإن نظم التحكم تقلل بفعالية كبيرة هذه السلبيات ، وفي نفس الوقت تساعد على تحسين أداء النظم السلبية . بالإضافة إلى ذلك فان فعالية عناصر التحكم تزداد بالتوجيه السليم لواجهات وفتحات المباني (Orientation) ولا يتحقق ذلك إلا بدراسة المسار الطبيعي لأشعة الشمس حول المبنى وخلاله . وكذلك كتلة المبنى وشكله (Form of the building) من حيث نسبة المساحة السطحية المعرضة لأشعة الشمس إلى مساحة الفتحات . وهناك ثلاثة أساليب أساس لنظام التحكم ، هي كمايلي :

(أ) التحكم بالتظليل : وتهدف إلى منع أشعة الشمس من التأثير على الغلاف الخارجي للمبنى والنفاذ إلى الفراغات الداخلية . وينقسم تأثير أشعة الشمس على المبنى إلى قسمين رئيسيين :

ـ تدفق الحرارة الناتجة من أشعة الشمس الساقطة على عناصر المبنى كالحوائط والسقف إلى الفراغات الداخلية .

ـ نفاذ الشمس إلى الفراغ الداخلي عبر النوافذ والفتحات والمواد الشفافة كالزجاج والبلاستيك ، وهو يعد الأكثر تأثيراً على المبنى .

وهناك العديد من الوسائل التي تتيح عملية الوقاية من أشعة الشمس ، وهي تتحدد في نوعين هما التظليل الداخلي مثل الستائر الداخلية بأنواعها والتظليل الخارجي الذي ينقسم إلى تظليل ثابت وتظليل متحرك . وتعد المظلات الخارجية المتحركة أكثر فعالية من الثابتة خاصة عندما يكون المطلوب هو التظليل خلال الفترة الحارة مع السماح لأشعة الشمس بالنفاذ إلى الداخل خلال الفترة الباردة للمساعدة في التدفئة .



● شكل(٥) الاكتساب المباشر للتدفئة الشمسية.

(ب) التحكم بالعزل : ويستخدم من أجل الإحتفاظ بالحرارة الداخلية ومقاومة تسربها إلى الخارج ، أو مقاومة الحرارة الخارجية والتقليل من أثرها على الداخل . وتعتمد عناصر العزل على مواد تتميز بمعامل إيصالية حرارية منخفضة ، وهي التي ينتشر إستعمالها في المباني . وهناك اسلوبان للعزل هما العزل الثابت والعزل المتحرك ، ويصمم العزل الثابت ليبقى ثابتا ضمن عناصر المبنى بحيث يمنع الحرارة المختزنة داخل الأسطح من أن تفقد إلى الخارج ، أو أن يؤثر المناخ الخارجي على المناخ الداخلي أو المختزن .

أما العزل المتحرك فهو كما يدل اسمه يحرك إلى مكان الإستفادة منه بصورة يومية لأداء وظيفة محددة . حيث يستخدم في منع الإكتساب الحراري ــ الناتج عن الإشعاع الشمسي ــ من التأثير على نظام التبريد ، ومن أمثلة ذلك يتم عزل البرك السطحية المشتركة خلال النهار عن التأثير الإشعاعي مع السماح بعملية التبخير الحملي ، أما في المساء فيتم كشف العازل وتعريضها إلى السماء لتبدأ عملية الفقد الحراري بالإشعاع .

(ج) التحكم بالإنعكاس : ويستخدم في نظم التبريد السلبي الطبيعي لطرد الحرارة الخارجية بواسطة الإ شعاع ومنع انتقال تأثيرها نحو الداخل ، أما في نظم التدفئة فإن التحكم بالإنعكاس يستخدم في تركيز الإشعاع الشمسي على المجمعات الحرارية أو الحيز المراد تسخينه . وتعتمد عناصر النظام أساسا على خصائص السطح الخارجي ، حيث تمتاز مواده بمعامل

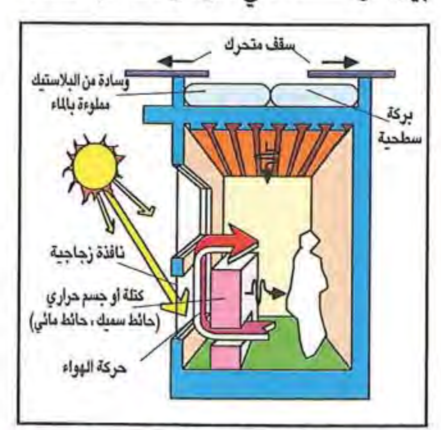
إمتصاص حراري منخفض . وتعد رقائق الألونيوم من أهم هذه المواد ، لذلك فهي تستعمل في الحوائط والأسقف والأرضيات كحاجز لانتقال الحرارة بالإشعاع ، ولتحقيق فوائد كثيرة عن طريق التحكم بالإنعكاس يمكن إستخدام مواد بناء ذات خصائص لونية فاتحة مثل الرخام ، مع طلاء الأسطح المحيطة الأسمنتية وأحواض الزهور والحوائط والبروزات بالألوان الفاتحة والبيضاء .

نظم التدفئة السلبية

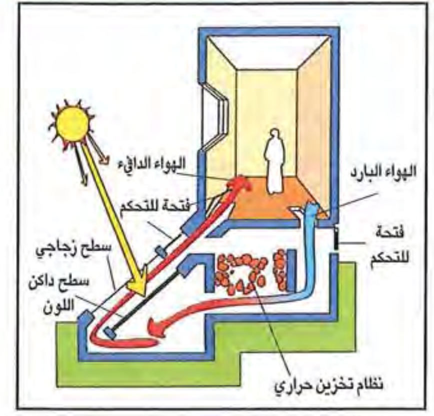
يتطلب إسلوب التصميم بالتدفئة السلبية وجود عناصر أولية يتم من خلالها تجميع الطاقة الشمسية بأساليب تصميمية ضمن المبنى ، ومن عيوبها عدم وجود وسائل مساندة للتدفئة مثل التخزين ، والتحكم ، والتوزيع ، وتنحصر الطرق والأساليب الطبيعية في التصميم الشمسي لغرض التدفئة في خمسة إتجاهات وأساليب هي :-

١- الإكتساب المباشر : يعد أسلوب الإكتساب المباشر ، شكل (٥) ، أبسط الأساليب السلبية ، وهو يتم عن طريق إدخال الشمس مباشرة إلى الحيز المعماري من خلال النوافذ والفتحات السقفية لينتشر الدفء في أرجاء المبنى .

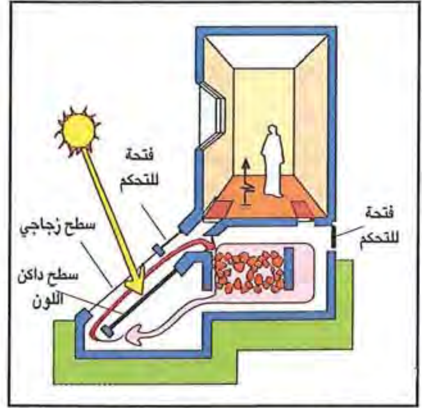
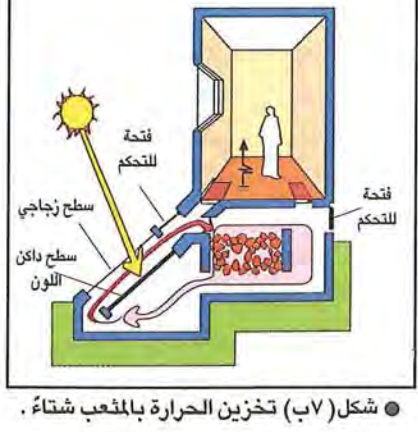
٢- الإكتساب غير المباشر : تعتمد الفكرة الأساس لهذا النظام على إنتقال الحرارة من أشعة الشمس إلى الكتلة ، ثم إلى الفراغ عن طريق وضع جسم لإكتساب الحرارة بين النوافذ التي تمر من خلالها أشعة الشمس . يقوم الجسم في هذه الحالة بإختزان الحرارة ، ومن ثم تنتقل الحرارة خلاله بالتوصيل أولا ، ثم إلى الفراغ المحيط به بالإشعاع والحمل الحراري ثانياً . ومن أمثلة هذا الأسلوب ، الحائط السميك (Mass wall) والحائط المائي (water wall) وبرك السطح (Roof Pool) ، شكل (٦) .



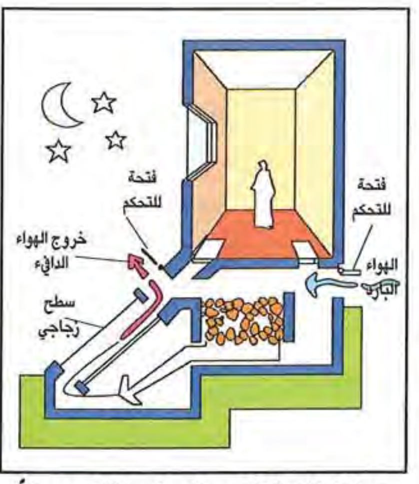
شكل(٦) الاكتساب غير المباشر للتدفئة الشمسية .



شكل (٧أ) التدفئة بالمثعب الحراري شتاءً .

شكل(٧ب) تخزين الحرارة بالمثعب شتاءً .

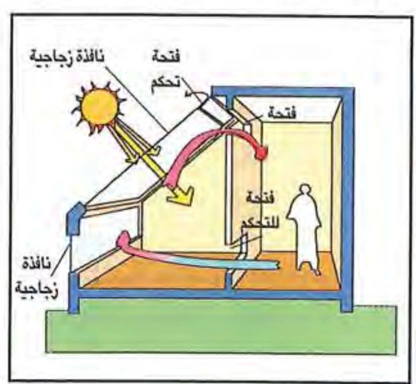


شكل(٧ج) التبريد الهوائي بالمثعب صيفاً.

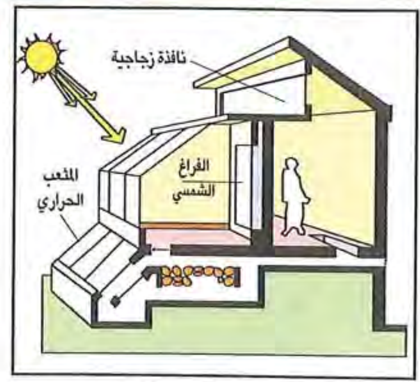
٣- الإكتساب المعزول : هو عبارة عن إسلوب غير مباشر ، معزول ومنفصل عن غلاف المبنى ، تصمم فيه التجهيزات الشمسية بمعزل عن البناء لتستخدم عند الحاجة للتدفئة أو التهوية ، يربط هذا الإسلوب بنظام للتحكم الحراري ، حيث يتم التحكم في انتقال الحرارة من الحيز نحو البناء بوسائل طبيعية مثل وجود فتحات لإغلاق طريق سريان الهواء داخل المبنى حسب الطقس . ومن أبرز أمثلة هذا الأسلوب نظام المثعب الحراري (Thermosyphon System) والفراغ الشمسي (Sun Space) وتوضح الأشكال (٧أ) و (٧ب) و (٧ج) استخدام المثعب الحراري في التدفئة الشتوية ، وتخزين الحرارة شتاء ، والتبريد الهوائي صيفاً على التوالي . أما شكل (٨) فيوضح إسلوب الفراغ الشمسي كأحد أساليب الإكتساب المعزول للحرارة .

٤- النظام المركب : وهو النظام الذي يجمع بين إسلوبين أو أكثر من الأساليب الثلاثة المباشرة وغير المباشرة والمعزولة . لهذا يعد هذا النظام ، شكل (٩) ، الأكثر مرونة للإستفادة ما أمكن من كافة الوسائل المتاحة لتحقيق التلائم الطبيعي . إضافة إلى أنه يؤمن حرية الحركة في إختيار الحل المناسب لوظيفة الفراغ المعماري .

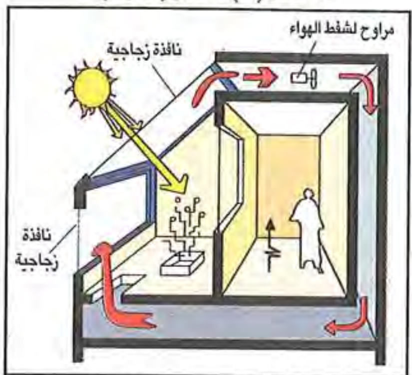
٥- النظام المشترك أو الهجين : تستخدم في النظام المشترك ، شكل (١٠) ، طريقة أو أكثر من الأساليب السلبية الأربع السابق ذكرها مع إشتراك عناصر ميكانيكية ذات استهلاك منخفض للطاقة مثل مراوح التهوية والشفط ، حيث تعمل هذه



شكل(٨) الفراغ الشمسي للاكتساب المعزول للحرارة.



● شكل (٩) الأسلوب المركب .



● شكل (١٠) الأسلوب المشترك .

العناصر على الرفع من كفاءة وأداء النظام وتساهم في عملية انتشار وتوزيع الهواء داخل الفراغ .

● التبريد السلبي في المناطق الحارة الجافة

تختلف نظم التبريد السلبي حسب إختلاف الخصائص المناخية والجغرافية لكل منطقة ، وهنالك العديد من الأساليب والعناصر التصميمية المعمارية التراثية والحديثة التى تم توظيفها للإستفادة من مصادر التبريد ، يلخص الجدول (١) أنظمة التبريد السلبي الطبيعي حسب مصادر التبريد في المناطق الحارة الجافة والعناصر التصميمية التى تم توظيفها في عملية التبريد السلبي للوحدات السكنية ، والتي لا يتسع المجال هنا للتطرق لها بشكل مفصل .

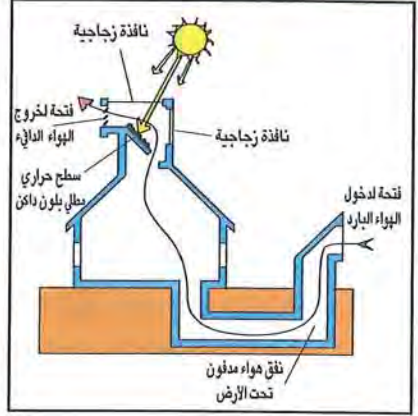
ومن أبرز الأمثلة الحديثة لتطبيق أساليب التبريد الطبيعي المشروع البحثي للمنزل الشمسي بجامعة الملك فيصل بالدمام، والذي قامت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** بدعمه وتمويله ، حيث طُبِّق في تصميم المنزل نظام التبريد بالحمل والتبخير عبر الملقف إضافة إلى تطبيق إسلوب التسخين الشمسي للماء .

● التبريد السلبي في المناطق الحارة الرطبة

تعد وسائل التبريد السلبي المتاحة في المناطق الحارة غير مجدية ومحدودة الفوائد عند استخدامها في المناطق الحارة الرطبة ، ويرجع ذلك إلى أن التباين في درجات الحرارة اليومية أو الفصلية بسيط جدا ، لذلك فإن عملية تخزين برودة هواء الليل للنهار أو برودة الشتاء للصيف غير مجدية لتحقيق الراحة الحرارية ، عليه ليس هناك من وسيلة طبيعية لتحقيق الراحة الحرارية في هذا المناخ عدا إستخدام سريان الهواء الطبيعي لدفع الرطوبة من على جسم الإنسان أو تخفيف الحمل الحراري الواقع على المبنى ، ومن المعلوم أن عملية السريان الطبيعي تحدث إما عن طريق التباين في الضغط الناتج عن حركة الرياح أو بالتصعيد الحراري للهواء عندما يرتفع الهواء الحار إلى أعلى ويحل محله الهواء البارد . وفي هذا المجال يمكن الإستفادة من أشعة الشمس عبر توظيف المدخنة الشمسية (Solar Chimney) في عملية تحريك الهواء داخل الحيز الفراغي ، شكل (١١) ، إضافة إلى إستخدام الوسائل القسرية لدفع الهواء مثل مراوح التهوية والشفط .

● التجفيف الشمسي الطبيعي

يعد التجفيف الشمسي الطبيعي (Passive Solar Desicant Dehumidefier)



● شكل (١١) تحريك الهواء بالمدخنة الشمسية .

أحد الأنظمة التي تلائم المناخ الحار الرطب ، وتعتمد فكرة النظام على إمتصاص رطوبة الهواء من الحيز المعماري ليلا عن طريق استخدام مواد متبلورة قابلة لإمتصاص الماء مثل سلكا جلي (Silica gel) ، والزيولايت (Zeolite) .. إلخ ، حيث تعبأ مواد التجفيف في وسائد خفيفة توضع في الفراغ المباشر للسقف الجملوني للمبنى والذي يستعمل لوضع مواد العزل الحراري للتقليل من الإكتساب الحراري . ويتم بعد ذلك التخلص من الرطوبة المكتسبة بالتجفيف بتعريضها لأشعة الشمس . وتتطلب تقنية هذا النظام وجود عناصر للتحكم لمساندة الأداء حيث تتركز الأبحاث الحالية في الرفع من فعالية وأداء هذا النظام .

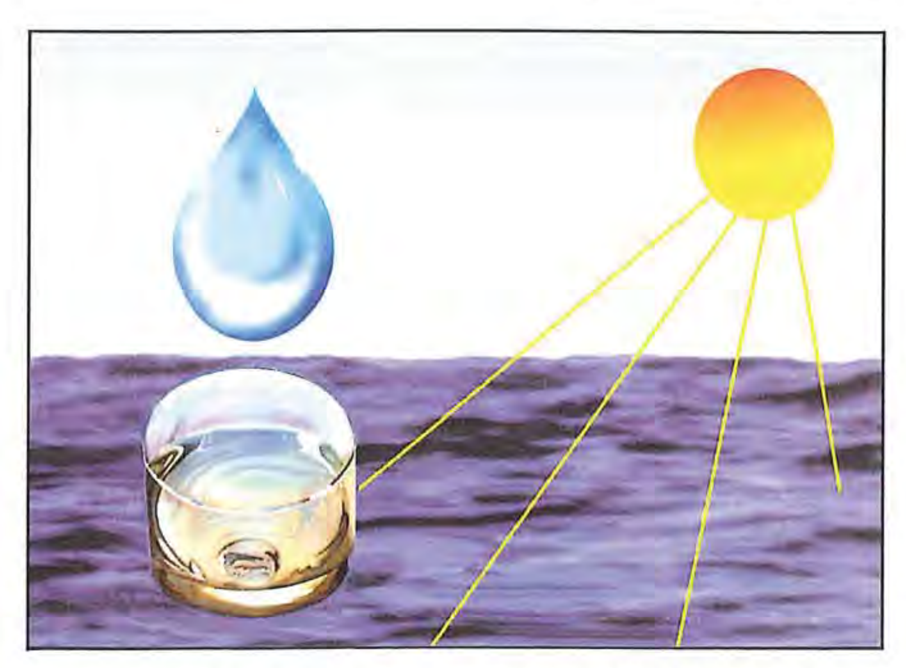
نظم التبريد	مصادر التبريد	الهدف	عناصر تصميمية وظفت
١ ـ التبريد بالتبخير	بخار الماء المحيط	تبريد المنشأة . تبريد الهواء المحيط .	الملقف ، المشربية ، القباب ، برك السطح ، النوافير ، الفناء .. الخ
٢ ـ التبريد بالحمل	الهواء المحيط	تبريد المنشأة . توفير الراحة الحرارية .	النافذة ، الملقف ، المشربية ، القباب ، الفناء ، الحوائط ، الأنابيب الحرارية .
٣ ـ التبريد بالإشعاع	الطبقات العليا من السماء	تبريد المنشأة .	النافذة ، الفناء ، برك السطح ، الحوائط السميكة
٤ ـ التبريد بالتوصيل	الأرض	تبريد المنشأة .	الأقبية ، السراديب ، الأنابيب الحرارية

● جدول (١) أنظمة التبريد السلبي الطبيعي في المناطق الحارة الجافة .

تحلية المياه بالطاقة الشمسية

د. إبراهيم صالح المعتاز

رغم أن استخدام الطاقة الشمسية لانتاج المياه العذبة كان معروفاً منذ زمن طويل إلا أن أول محطة لتقطير الماء بالطاقة الشمسية تم انشاؤها عام ١٨٧٢م في دولة شيلي بسعة ٥٠٠٠ جالون يومياً (٣٧م٣/يوم)، كذلك شهد عام ١٩٥٠م أبحاثاً علمية مكثفة لإيجاد طرق ذات كفاءة عالية في تحلية المياه، وتوالت عمليات البحث والتطوير لتأخذ خطوات متسارعة في السبعينات نتيجة لإرتفاع أسعار النفط وما صاحبها من البحث عن بدائل جديدة للطاقة النفطية.

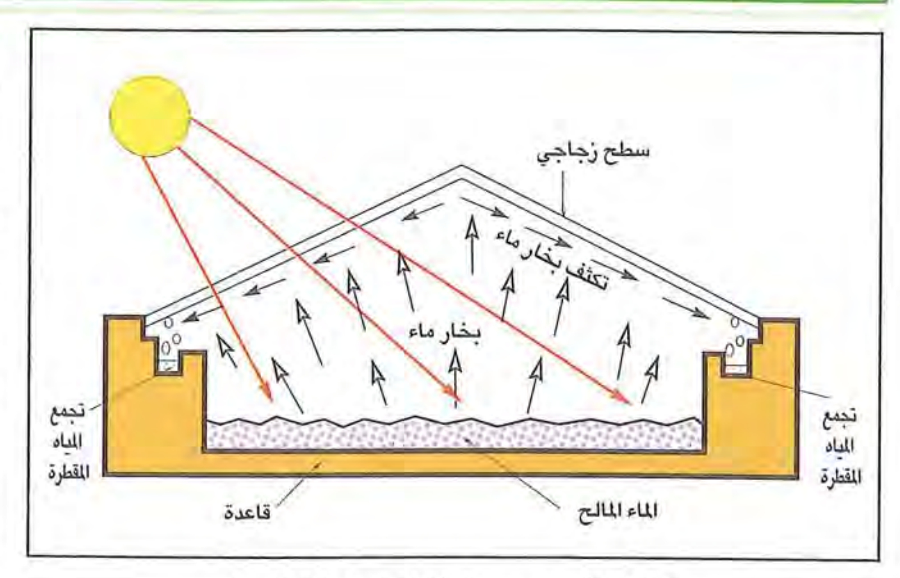


تعد كمية المياه المحلاة من جميع طرق التحلية المعتمدة على المصادر البديلة للطاقة ضئيلة جداً مقارنة بطرق التحلية الأخرى، فعلى سبيل المثال ـ إذا استثنينا أضخم محطة لتحلية المياه بالطاقة الشمسية والموجودة في «أبو ظبى» بسعة ١٢٠م٣/يوم ـ لا تتجاوز سعة أغلب محطات تحلية المياه بالطاقة الشمسية ٣٠م٣/يوم، ويمكن تقسيم طرق تحلية المياه بالطاقة الشمسية إلى مجموعتين رئيستين وفقا لطريقة استخدام الطاقة الشمسية إما بشكل مباشر أو بشكل غير مباشر. فطرق التحلية التى تستخدم الطاقة الشمسية مباشرة تسمى بطرق التحلية بالحرارة، ويسمى هذا الإستخدام للطاقة الشمسية بالإستخدام الخامل. في حين أن استخدام الطاقة الشمسية بشكل غير مباشر يسمى بالإستخدام النشط ويتم خلاله تحويل الطاقة الحرارية للشمس إلى تيار كهربائي نشط يمكن أن يدير معدات التحلية المختلفة، ويلاقي هذا النوع من الاستخدام إقبالا كبيراً في الفترة الراهنة نظرا للتقدم العلمي المتواصل في مجال أشباه الموصلات(Semiconductors) والتي أثبتت فعالية كبيرة لتوليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الحرارية. وقد أمكن ربط أنظمة التحلية العاملة بالتناضح العكسي بأنظمة توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الحرارية الشمسية بشكل ناجح، ولايختلف عمل محطة التحلية في هذه الحالة عنه في حالة تغذيته بالكهرباء المولدة من مصدر الطاقة التقليدي.

يتمثل أيسر وأبسط استخدام للطاقة الشمسية في المنطقة العربية في تحلية المياه نظرا للحاجة الماسة للمياه العذبة ونظراً لإنعدام وشح مصادرها الطبيعية وزيادة الطلب عليها، وبسبب ارتفاع معدل مايصل هذه المنطقة من طاقة شمسية تصل بالمتوسط إلى ٣٠×١٠^١٥ كيلو وات ساعة، أي مايزيد عن ستة أضعاف المخزون العالمي للبترول (ميجاوات ساعة = ٠,٠٨٦ طن من البترول = ٠,١١٢ برميل بترول)، وفيما يلي عرض مبسط للطرق المتاحة لتحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية وفعالية كل طريقة مع مقارنة اقتصادية وفنية للطرق المستخدمة الأخرى.

التحليــة الحراريــة

التحلية الحرارية هي طريقة تستخدم فيها الطاقة الحرارية الشمسية مباشرة، وهي تشمل التبخير متعدد التأثير بتبخير المياه المالحة. والتبخير الومضي والتبخير الومضي متعدد المراحل والتحلية بضغط البخار. وتعد المقطرات الشمسية (Solar Stills) من أسهل وأبسط طرق الحصول على المياه المحلاة مباشرة



● شكل (١) رسم مبسط للمقطرات الحرارية الشمسية.

باستخدام الطاقة الشمسية ، وتتألف المقطرات الحرارية عادة من قاعدة اسفلتية وأسقف زجاجية مائلة ، شكل (١) ، تمر المياه المالحة على قاعدة المقطر الحراري المرتفعة الحرارة لتتبخر وتتكثف على الأسطح الداخلية للغطاء الزجاجي المنفذ للأشعة الشمسية ، ومن ثم تجمع المياه المكثفة على جوانب الغطاء الزجاجي كمياه عذبة منتجة ، ويبلغ متوسط المياه المحلاة بالمقطرات الشمسية ٤ لترات لكل متر مربع من المقطر الحراري . ومن أهم العوامل المؤثرة على المقطرات الحرارية مايلي :

١ ـ عمق المياه المالحة في قاعدة المقطر : حيث أنه كلما زاد عمق المياه في قاعدة المقطر كلما قل معدل التقطير ليصل إلى حد ثابت عند عمق ٣٠سم تقريبا حيث إن زيادة عمق المياه من ٥سم إلى ١٨سم تسبب نقصا في معدل التقطير بنحو ٢٥٪ ، بينما يسبب زيادة عمق المياه من ١٨سم إلى ٣٠سم نقصا يعادل ٨٪ في كمية المياه المقطرة ، ويرجع سبب ذلك إلى أن المياه الضحلة لها سعة حرارية منخفضة تستجيب بسرعة لزيادة درجة الحرارة المؤثرة عليها بسبب الإشعاع الشمسي ، وزيادة درجة حرارة المياه تمثل بلا شك زيادة لكمية المياه المتبخرة .

٢ ـ تصميم المقطر والمواد المستخدمة : فمن نوعية التصاميم زاوية ميل الغطاء الزجاجي والمسافة بين الغطاء الزجاجي وسطح المياه في قاعدة المقطر .. كما وإن لنوعية الغطاء الزجاجي المستخدم أثراً في زيادة كمية الأشعة النافذة وتقليل كمية الأشعة المنعكسة أو المفقودة من داخل المقطر ، إضافة لذلك تؤثر جدران المقطر وقاعدته في ارتفاع درجة حرارة المياه في المقطر بشكل ملحوظ .

ومن عوامل التصميم الهامة التي يمكن التحكم فيها قيمة السعة الحرارية للماء وقيمة معامل الفقد الحراري حيث يمكن التحكم في قيمة السعة الحرارية بتقليل عمق الماء وتحسين بناء المقطر ، أما معامل الفقد الحراري فيمكن التحكم فيه بعدم تسرب البخار وتحسين العزل التحتي (الأرضي) لقاعدة المقطر .

٣ ـ عوامل خارجية : من العوامل الخارجية حرارة الهواء المحيط إذ تزيد كمية المياه المقطرة بزيادة درجة الحرارة الخارجية ، كما أن زيادة سرعة الرياح تؤثر عكسيا على كمية المياه المنتجة ، إضافة لذلك فإن شدة الطاقة الشمسية وطول مدة سطوع الشمس وغيرها من عوامل مناخية لها تأثير مباشر على معدل إنتاج المقطرات الحرارية ، وهذا يوضّح بجلاء أبرز عيوب المقطرات الحرارية حيث يكون اعتمادها المباشر على الظروف الخارجية المحيطة والتي قد يصعب التحكم فيها .

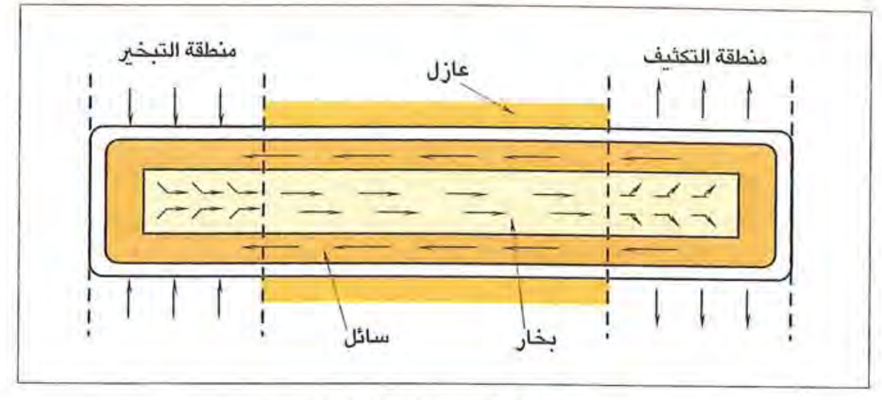
تعد المقطرات الحرارية منخفضة الأداء مقارنة بطرق التحلية الحرارية العادية ، فعلى سبيل المثال ينتج مقطر شمسي عند طاقة إشعاعية ٣ كيلووات ساعة حوالي ٢, لتر ماء في اليوم لكل متر مربع من المقطر مقارنة بـ ١,٤ إلى ٤,٦ لتر ماء بطرق التحلية الأخرى .

يساعد رفع درجة حرارة الماء وخفض درجة حرارة الغلاف الزجاجي في رفع نسبة الأداء بشكل كبير غير أن خفض درجة حرارة الغلاف الزجاجي قد يكون له تأثير على درجة حرارة الماء مما يحد من عملية زيادة نسبة كفاءة التشغيل ، لذا يلزم معرفة أقل درجة حرارة للغلاف الزجاجي التي يبدأ بعدها هذا التأثير أو الإكتفاء برفع درجة حرارة سطح الماء لزيادة الكفاءة .

ولمضاعفة الطاقة الشمسية وتركيزها لرفع كفاءة التقطير الشمسي يمكن استخدام ما يعرف بالأنابيب الحرارية حيث أنها ترفع معامل انتقال الحرارة بمقدار ألف ضعف لمعاملي الانتقال التقليدي (التوصيل والحمل) .

يتكون الانبوب الحراري ، شكل (٢) ، من تجويف مفرغ من الهواء ومغلق من الطرفين ومحتوي على كمية قليلة من سائل مضغوط يستخدم كوسيط لنقل الطاقة الشمسية من منطقة التبخير ـ عند تعرضه لأشعة الشمس ـ إلى منطقة التبريد حيث يتكثف ويطلق الحرارة الكامنة للتكثيف ثم يعود مرة أخرى إلى منطقة التبخير خلال تجويفات صغيرة تحت تأثير القوى الشعيرية (Capillaries) وهكذا يتبخر السائل الناقل للحرارة بفعل الطاقة الشمسية ويتكثف ويعطي حرارة عالية تفوق تلك التي حصل عليها عند تبخره .

وتنتقل الحرارة في الأنابيب الحرارية بشكل أفضل عند استخدام مائع له كثافة عالية وسرعة انتشار منخفضة في الحالة الغازية ، وبذا يعمل الأنبوب الحراري عند



● شكل (٢) مقطع في الأنبوب الحراري

درجة حرارة ثابتة ويحتاج إلى فارق يسير في الضغط بين منطقتي التبخير والتكثيف. ويبين الجدول (١) بعض خواص الأنابيب الحرارية .

يعد طول الأنبوب ومساحته من أهم العوامل المؤثرة في الأنابيب الحرارية وذلك عند حساب أعلى ارتفاع مسموح به للسائل خلال الشعيرة ، ففي حالة استخدام الصوديوم مثلاً يجب أن يكون هذا الطول مساوياً لـ ٣٨,٥سم عند استخدام قطرمسامي قدره ٨٦ ميكروميتر .

إضافة لذلك تستخدم الطاقة الشمسية في تحلية المياه بطريقة التبخير الومضي وذلك بتسخين الماء أو أي سائل آخر وسيط ينقل الحرارة إلى المسخن لرفع درجة حرارة المياه المالحة قريباً من درجة الغليان ، ثم بمرور هذه المياه على حجرات التبخير عند ضغوط منخفضة تدريجياً ينشأ بخار الماء فجأة لإنخفاض درجة الغليان كما هو معلوم في عمل طريقة التبخير الومضي والتي تحتاج إلى نحو ٤٠ كيلووات ساعة من الطاقة لتحلية متر مكعب من الماء العذب . وهذا ما يرفع من كفاءة إنتاج المياه بالطاقة الشمسية .

وعلى اعتبار أن الأحواض الشمسية المستخدمة لرفع درجة حرارة السائل الناقل للطاقة لها مردود حراري (كفاءة) بنحو ٦ - ١٢٪ ، فإن عملية التحلية بالتبخير الومضي تنتج حوالي ١٢ لترا في اليوم لكل متر مربع من الأحواض الشمسية.

التحلية غير المباشرة

تعتمد طرق التحلية في هذا النوع على إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية للتغلب على مشكلتين رئيسيتين هما ضعف كثافة الطاقة الشمسية (١كيلووات/م٢) وعدم استمرار سطوع الشمس في سائر ساعات النهار وفي سائر أيام السنة ، وتعد عملية بناء مسطحات شمسية كبيرة المساحة امراً مكلفاً حتى ولو توفرت هذه المساحات ، كما وأن تخزين الطاقة للحاجة إليها في غير أوقات ظهور الشمس قد يكون أمراً غير فعال إضافة إلى تكلفته واحتياجه للصيانة المستمرة ، وهذا ما جعل عملية توليد الكهرباء مباشرة من الطاقة الشمسية أمراً مرغوباً فيه خاصة بعد ظهور الخلايا الكهروضوئية (Photovoltaic) وانتشار انتاجها وارتفاع مردودها .

تعد القرية الشمسية التابعة لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية الواقعة على بعد ٥٠ كم شمال غرب مدينة الرياض من أكبر المجمعات العالمية للطاقة الشمسية بنظام فارق الجهد الضوئي (Photovoltaic). اقيمت القرية عام ١٩٨١م لتوليد الكهرباء وامدادها لقرية سدوس والعيينة والجبيلة . بإستخدام ١٦٠ مصفوفة من الخلايا الضوئية تغطى مساحة ٥٣,٠٠٠م٢ لتنتج ٣٥٠ كيلووات من التيار المستمر (D.C) . وتخزن الكهرباء ببطاريات حامضية رصاصية ذات سعة ١١٠٠ كيلووات ساعة أثناء الليل أو أثناء غياب الشمس الطويل بالسحب . تعد تلك الأنشطة وغيرها من منشآت التحلية إحدى ثمار التعاون في ميدان ابحاث الطاقة بين المملكة العربية السعودية ممثلة **بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** ووزارة الطاقة الأمريكية ، وقد رمز للبرنامج بإسم سولارس (Soleras) ، وقد انتهت حالياً جميع برامج هذا التعاون العلمي . وهناك برنامج تعاوني آخر بين المملكة العربية السعودية وألمانيا لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية يسمى هايسولار (Hysolar) .

يمكن استخدام الطاقة الكهربائية المتولدة مباشرة في وحدات تحلية المياه العاملة بطريقة التحليل الكهربائي (الديلزة) أو في توليد البخار وتحريك الضاغطات الميكانيكية لتشغيل وحدات التحلية العاملة بضغط البخار أو بالتناضح العكسي أو الاستفادة من البخار مباشرة في عملية التبخير الومضي (MSF) أو الاستفادة بشكل غير مباشر من طريقة التجميد . وتعد جميع هذه الطرق في طور التجريب ، وهناك بعض المحطات الصغيرة المختلفة مثل المحطة المنشأة في جدة عام ١٩٨١م لتحلية المياه بالتناضح العكسي (RO) والتي تعمل

درجة الحرارة (كلفن)	المائع	التدفق الحراري (وات /سم٢)	
		الإتجاه الأفقي	خلال السطح
٢٣٠ - ٤٠٠	ميثانول	٠,٤٥ (عند ٣٧٣ كلفن)	٧٥,٥ (عند ٣٧٣ كلفن)
٢٨٠ - ٥٠٠	ماء	٠,٦٧ (عند ٤٤٣ كلفن)	١٤٦ (عند ٤٤٣ كلفن)
٦٧٣ - ١٠٧٣	بوتاسيوم	٥,٦ (عند ١٠٢٣ كلفن)	١٨١ (عند ١٠٢٣ كلفن)
٧٧٣ - ١١٧٣	صوديوم	٩,٣ (عند ١١٢٣ كلفن)	٢٢٤ (عند ١١٢٣ كلفن)

● جدول (١) بعض خواص الأنابيب الحرارية .

بالطاقة الشمسية بطاقة انتاجية تقدر بنحو ٨٥٠ جالـون يومياً بمعدل عمل ١٢ سـاعة يوميـاً ، بجانب ذلك هنـاك محطة ممـاثلة في قطـر وأخرى في البحـر الأدريـاتيكي (Adriatic) بطاقة انتـاجية قدرها ٧,٩٢٦ جـالون/يوم (٣٠م٣/يـوم) ، وتبلغ مســاحــة المجمع الشمسي لهذه المحطـة ١٨٠٠م٢ . بالإضافة إلى ذلك فهنـاك محطـة من نفس النــوع في المكسيك لتحلية المياه قليلة الملوحة (Brackish) تنتــج ١,٥م٣/يوم مياه محلاة تعمل لمدة ثمان ساعـات بطاقة كهـربائية قـدرها ٢,٥ كيلووات منتجة من الطاقة الشمسية .

قامت المملكـة العربيـة السعوديـة ايضاً بإنشـاء محطـة لتحليـة الميـاه بـالطـاقـة الشمسية بطـريقة التجميـد في مدينـة ينبع ضمن بـرنامج التعـاون المشترك بين المملكة والـولايات المتحـدة الأمريكيـة (Soleras) ، ويبين الشكل (٣) مخططـاً لمحطــة تحليـة المياه بالديلزة تعمل بـالطاقة الشمسية . وقد أجـريـت تصـاميم مختلفـة على مثـل هـذه المحطـات لإنتـاج ميـاه محـلاة بمعـدل (١٥ – ١٥٠م٣/يوم) بتركيـز ٥٠٠ جزء في المليون من الأملاح .

صممت محطـة ينبـع لتحليـة الميـاه بـالتجميد غير المبـاشر وفق أحدث الطـرق ، وهي تعـد منشأة أبحـاث بغـرض أجـراء مجمـوعــة مكثفـة من اختبـارات الأداء والتقييم، وتنتج المحطــة ٢٠٠م٣ من المياه العذبـة (٥٢,٨٣٤ جالـون) يوميـاً تستمد الطاقة من ١٨ مجمعاً وحيـد البؤرة مساحة كل منها ٧٠م٢ (٨٦١ قدم مربع) ، وتتكون من الوحدات الرئيسية التالية :

● نظام تجميع الطاقة

يوجد في الحقل الشمسي ثلاثة فروع ، في كل فرع ستة مجمعات شمسية ، تولد ٥٠٠ كيلـووات سـاعة في اليـوم ، ويمـر في هـذه المستقبـلات زيت نـاقـل للحـرارة ، تـرتفع درجـة حـرارتـه إلى ٣٨٩ درجـة مئـويـة ، ليستخــدم في نقل الطــاقــة من منــاطق تجميعها.

● نظام تخزين الطاقة

يتم نقل الحرارة بـوسـاطـة الـزيت إلى صهـريج من الأمـلاح عن طـريق اكتسـاب الحرارة بالتبـادل مع الزيت ليحفظهـا حتى يتم استخدامها عند الحاجة إليها بإستمرار. وتـوجـد الأمــلاح في صهـريجين أحـدهما سـاخـن (عالي درجـة الحرارة) والآخر دافء (عنـد درجــة حـرارة مـرتفعــة نسبيـاً) . ويستخـدم الملح السـاخن لتـوليـد البخـار (Steam) الذي يمد المحرك البخاري بالطاقة ، وعند انخفـاض درجة حـرارة الملح السـاخن يحفظ مع الملح الدافء الـذي يكتسب حرارة عـالية بتبـادلـه مع الـزيت النـاقـل للطاقـة الشمسيـة ثم يخزن بعـد ذلك في صهـاريج الأمـلاح السـاخنة ، وفي أثنـاء الليل أو عنـد احتجاب الشمس مـدة طويلـة يقل مستوى الملح الـدافء ويلجأ إلى امـداد الملح بطـاقـة إضافية عادية عن طـريق حرق زيت الوقود لتستمر دورة تخزين الطاقة بالأملاح .

● نظام نقل الطاقة

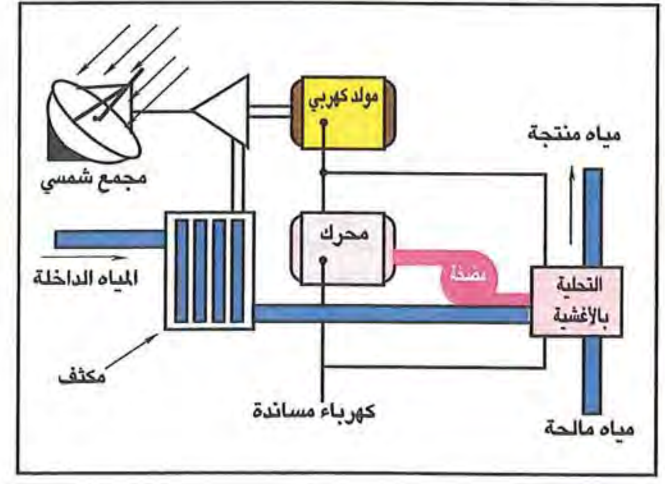
تنتقل الطاقـة من الأملاح السـاخنة عبر مبادلات حرارية لتـوليد البخار عالي الضغط ودرجـة الحرارة (Superheated) ويعمل هذا البخار على تحريـك المحرك البخـاري لإنتاج الضـغوط اللازمة للتبريد .

● نظام التبريد

يستخـدم النشــادر الجاف في دورة مغلقة يتبخـر فيها عنـد التقائه بماء البحـر الــذي يبرد نتيجــة لهذا التبخير ثم يكمل النشـادر دورتـه بالتحـول إلى سـائل عنـد ارتفـاع ضغطـه نتيجــة لعمل المحـركـات البخاريـة ، وهكذا يستمـر النشادر في دورة دائمة بين الحالـة الغازية لتبريد ميـاه البحر الداخلة والحالة السائلة نتيجة لرفع ضغطه بشكل أســاسي أو جـزئي بـالإمتصـاص بالليثيوم برومايـد والذي يعمل بدورة تبريد مصغرة تـدور بإستخدام البخـار المستهلك الخارج من المحركـات البخارية . كما ويبرد النشـادر (يكثف) بـالتبـادل الحراري مع المياه المثلجة الناتجة .

● نظام التحلية

يستمــد النشـادر (في دورة التبريــد) الحرارة الــلازمــة للتبخير في ميـاه البحــر والتي تبرد بـذلك وتنخفض درجة حـرارتها كلما استمـر التقـاؤها بـالأنـابيب الحاملـة



● شكل (٣) مخطط لاستخدام الطاقة الشمسية لتحلية المياه بالديلزة.

الإشعاع الشمسي الكلي	٨ كيلو وات ساعة/م٢
طاقة المجمعات الشمسية	٢٣٤٢ كيلو وات ساعة
طاقة مسخن الأملاح (من حريق زيت الوقود)	٦١٩٦ كيلو وات ساعة
الطاقة المخزونة	٤٩٠٧ كيلو وات ساعة
الطاقة الحرارية المضافة للأملاح	١١,١٩٠ كيلو وات ساعة
الطاقة الحرارية لتوليد البخار	١٠,٨٣٩ كيلو وات ساعة
حالة السماء	صحو
كمية المياه المنتجة	١١٧ م٣/يوم
ساعات عمل المجمعات	٩,٧ ساعة
ساعات تشغيل التحلية	٢٢ ساعة
تركيز الأملاح	٥٠٠ جزء في المليون

● جدول (٢) أداء محطة تحلية مياه ينبع.

للنشادر ، ذلك أن النشادر لا يلتقي بالماء مباشرة بل تنتقل الحرارة خلال سطوح أنابيب المبادلات الحرارية ، ويتكون بهذا مستحلب ثلجي يحتوي على نسبة عالية من الثلج ، يضخ إلى صهاريج الغسيل لتطفو على سطحه قوالب الثلج وتترسب المياه عالية الملوحة في أسفل الصهريج ، يلي ذلك كشط القوالب الثلجية العائمة على السطح إلى صهاريج أخرى لتغسل بمياه عذبة لإزالة ما علق بها من أملاح متراكمة ، ثم تترك لتذوب مكونة المياه العذبة في تبادل حراري بسيط لتكثيف النشادر ، وتنخفض درجة حرارة المياه المالحة الداخلة .

ومما يجدر ذكره أن أهم ما يميز هذه الطريقة من التحلية عدم الحاجة إلى المعالجة الكيميائية الأولية للمياه الداخلة والتي تعد من أكثر طرق التحلية الأخرى تكلفة ، إضافة لذلك لا ينشأ عن تلك الطريقة مشاكل تآكل وصدأ نظراً لإنخفاض درجة حرارة التشغيل . ويبين الجدول(٢) أداء عمل محطة تحلية مياه ينبع التي تعمل بنظام التبريد .

تعد تحلية المياه بالطاقة الشمسية بالطرق غير المباشرة (أي تحويل الطاقة إلى كهرباء) من أفضل الحلول لتوفير المياه العذبة للمناطق النائية شحيحة المياه وقليلة السكان ، بل أنها من الحلول المثلى لسائر التجمعات الصغيرة إذا ما توفرت المساحة اللازمة لبناء المجمعات الشمسية نظراً لقلة احتياجها للصيانة والمراقبة المستمرة ، ومن بين طرق التحلية المذكورة سابقاً تتفوق طريقة التناضح العكسي على الطرق الأخرى بما تمتاز به من بساطة وسهولة في التشغيل وارتفاع في الكفاءة وقلة في التكاليف ، ويوضح جدول (٣) مقارنة بين طرق التحلية العاملة بالطاقة الشمسية حسب انتاجها اليومي لكل م٢ من المجمع الشمسي وكذلك متطلبات كل طريقة من الطاقة ونسبة الأداء .

الطريقة	الإنتاج (لتر/م٢)	درجة الحرارة أو الطاقة اللازمة	نسبة الأداء كيلو وات / كيلو جرام	نوعية المياه المستخدمة
المقطر الشمسي	٤	٧٠°م	٢,٤٤٣	ماء بحر
التبخير الومضي	١٢	٩٠ـ ١٢٠°م	١٩٣ـ ٢٩٠	ماء بحر
التبخير متعدد التاثير	ـ	٧٠ ـ ١٢٠°م	١٥٥ـ ٢٩٠	ماء بحر
ضغط البخار	٥٠	ساحبات بخارية أو ١٧ كيلو وات/م٣	٦١	ماء بحر
التناضح العكسي	١٠٠	١٢ كيلووات ساعة /م٣	٤٣	ماء بحر
التناضح العكسي	٧٥	٣ كيلو وات ساعة /م٣	١٢	ماء بتركيز ٥٠٠٠ جزء بالمليون
الديلزة	٣٠	٣ كيلو وات ساعة /م٣	١٢	ماء بتركيز ٥٠٠٠ جزء بالمليون
التجميد	ـ	٣ كيلو وات ساعة /م٣	٤٧	دورة امتصاص / تبريد

● جدول (٣) مقارنة بين طرق التحلية بالطاقة الشمسية .

إقتصاديات التحلية الشمسية

يمكن توفير المياه العذبة للمناطق الصغيرة النائية من خلال ثلاثة خيارات هي :

١ـ نقل المياه من أماكن توفرها بوساطة الأنابيب خلال شبكة إقليمية تغطي مدن وقرى كثيرة .

٢ـ نقل المياه بوساطة سيارات نقل (Tankers) أو غيرها ، وتخزينها .

٣ـ إقامة منشآت للتحلية تعمل بالطاقة الشمسية في تلك المنطقة .

تعد إقامة منشآت تحلية المياه بالطاقة الشمسية وحتى سعة ٧٠م٣/يوم أقل تكلفة من طرق نقل المياه لمنطقة تبعد ١٦ كيلومتر أو أكثر عن مكان توفير المياه، خاصة في المناطق النائية قليلة السكان . بل وعلاوة على هذا فإن طرق تحلية المياه بالمقطرات الشمسية تعد اقتصادية مقارنة بطرق التحلية الشائعة كالتبخير الومضي والتقطير متعدد التأثير والتناضح العكسي التي تستخدم الوقود العادي أو الكهرباء كما هو موضح في الجدول (٤) .

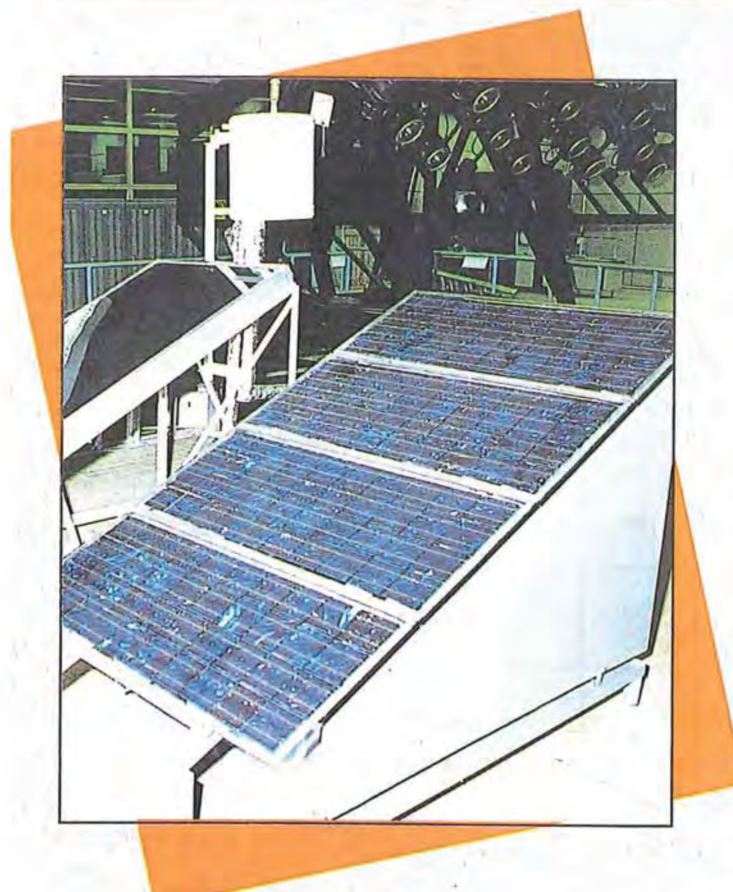
تعد طريقة التناضح العكسي العاملة بالطاقة الشمسية من أفضل طرق التحلية في المناطق النائية قليلة السكان . وحسب دراسة **للدكتور عبدالرحمن عبدالفتاح** (Desalination 60, 165, 1986) فإن محطة بسعة ١٠٠٠م٣/يوم في مثل ظروف وأسعار المملكة العربية السعودية الحالية تكلف حوالي ٢٢ مليون ريال كرأس مال لتنتج مياه بسعر ١٤ ريال/م٣ على اعتبار أن سعر الطاقة يقدر بـ ٣٧,٥ ريال/وات .

طريقة التحلية	التكاليف (ريال /م٣)		إستهلاك الطاقة (كيلو وات ساعة/م٣)
	سعة ١٠٠٠م٣/يوم	سعة ١٠٠٠٠م٣/يوم	
التناضح العكسي	١٠,٥	٨,٢	٨
التبخير الومضي	٩,٦	٧,٤	٧٠
المقطرات الشمسية	١٠,٧	٦,٩	٧٠

● جدول (٤) مقارنة بين تكاليف إنتاج المياه بالمقطرات الشمسية وبعض طرق التحلية الشائعة .

النظم الكهروضوئية وتطبيقاتها

د. محمد الصالح سميعي



النظم الكهروضوئية هي تجهيزات متكاملة تقوم بتحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية . ويرجع أول استخدام للنظم الكهروضوئية إلى عام ١٩٥٠م في تزويد الأقمار الصناعية بالطاقة الكهربائية اللازمة لها . ومنذ ذلك الوقت بدأ استخدام النظم الكهروضوئية على نطاق أوسع حيث شمل العديد من التطبيقات الهامة والضرورية خاصة بعد الانخفاض المتواصل في تكلفة تصنيع هذه النظم، وزيادة كفاءتها .

مكونات النظم الكهروضوئية

تختلف مكونات النظم الكهروضوئية حسب نوع الأجهزة وطريقة تشغيلها ، وتتكون بصفة أساس من أربعة عناصر رئيسة هي : ـ

● المولد الكهروضوئي

يتكون المولد الكهروضوئي من مجمع كهروضوئي أو أكثر يتم توصيلها على التوالي لزيادة الجهد الكهربائي ، وعلى التوازي لزيادة التيار الكهربائي . وتركب المجمعات الكهروضوئية إما على زاوية ثابتة ــ النظام الكهروضوئي الثابت ــ أو تترك حرة الحركة ـ النظام المتحرك أو المتابع ـ لمتابعة حركة الشمس من الشروق إلى الغروب . ويتميز النظام الكهروضوئي المتحرك عن النظام الثابت بإمكانية زيادة إنتاجه من الطاقة الكهربائية الإجمالية بنسبة تصل إلى ٢٠٪ .

● وحدة التحكم والحماية

وحدة التحكم والحماية عبارة عن جهاز إلكتروني مدمج صغير الحجم نسبيًا يقوم بمهام كثيرة منها : ـ

* حماية المجمعات الكهروضوئية ضد الجهد الحثي العالي مثل الصواعق ، وتيار قصر الدائرة . كما يقوم الجهاز بتشغيل المجمعات عند أفضل قدرة لإطالة عمرها الاستهلاكي (٢٠ إلى ٣٠ سنة) .

* مراقبة شحن البطارية لحمايتها من الشحن الزائد ، والتفريغ المنخفض لإطالة عمرها الاستهلاكي (٧ إلى ١٢ سنة) .

* حماية الأحمال الكهربائية ضد الجهد والتيار العاليين ، وتشغيلها بشكل متواصل أو متقطع حسب برنامج التشغيل .

● جهاز تحويل الطاقة

يقوم جهاز تحويل الطاقة بتحويل الطاقة المستمرة ـ جهد وتيار مستمران ـ (Direct Current - DC) إلى طاقة متناوبة ـ جهد وتيار متناوبان ـ (Alternating Current - AC) حيث أن أغلب الأجهزة الكهربائية تعمل على الجهد المتناوب . ومما يجدر ذكره أن العديد من المصانع بدأت في زيادة منتجاتها من الأجهزة الكهربائية التي تعمل بوساطة الجهد المستمر فقط، ولـذا لم يعد من الضروري ـ في هذه الحالة ـ تركيب جهاز تحويل الطاقة مما يقلل من تكلفة إنشاء النظم الكهروضوئية .

● بطاريات كهربائية

تستخدم البطاريات الكهربائية في تخزين الطاقة الكهربائية المنتجة من المجمعات الكهروضوئية في النهار ، وتغذية الأجهزة الكهربائية أثناء الليل أو عندما تحجب السحب أشعة الشمس من الوصول إلى المجمعات الكهروضوئية.

يتم اختيار البطاريات المناسبة للنظم الكهروضوئية طبقاً لمجموعة خواص منها درجة حرارة التشغيل (من ١٥ إلى ٥٠°م) ، والتفريغ الذاتي ، ونسبة عمق التفريغ (Depth of Discharge) التي تصل إلى ٨٠٪، وكفاءة الشحن ، والسعة (أمبير/ساعة) ، ومعدل إضافة الماء المقطر ، والقدرة على تحمل الصدمات أثناء النقل ، ومدى المقاومة للشحن الزائد ، والتكلفة ، والعمر الاستهلاكي .

أنواع النظم الكهروضوئية

تُقسم النظم الكهروضوئية إلى ثلاثة أنواع هي نظم مستقلة، ونظم مشتركة، ونظم مرتبطة مع الشبكة وفيما يلي تفصيل لكل نوع :ـ

● نظم مستقلة

تتميز النظم المستقلة بوجود مصدر وحيد لإنتاج الطاقة الكهربائية يتمثل في مولد كهروضوئي (مجمعات كهروضوئية)، شكل (١). وتحتاج النظم الكهروضوئية المستقلة إلى بطاريات لتخزين الطاقة لاستعمالها ليلاً أو في الأيام التي تغيب فيها الشمس.

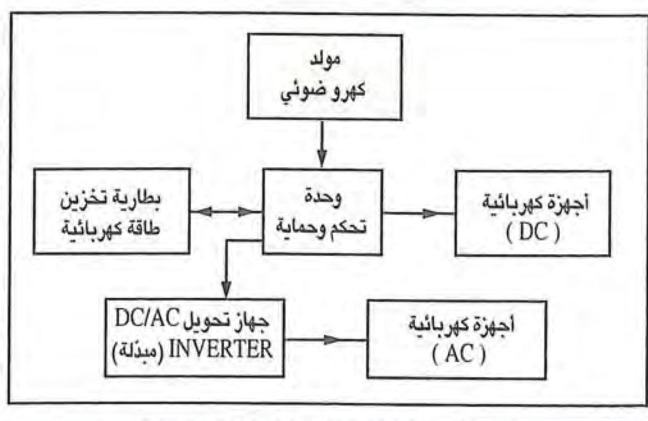
● نظم مشتركة

تتميز النظم المشتركة بوجود مصدرين أو أكثر من مصادر الطاقة المتجددة، وتتكون بصفة أساس من مولدين أحدهما كهروضوئي يعمل بالطاقة الشمسية، والآخر كهربائي يعمل إما بطاقة الرياح أو بوقود ديزل، شكل (٢)، ويمكن الاستغناء الجزئي أو الكامل عن تركيب بطاريات لعدم الحاجة إلى تخزين الطاقة لوجود المولد الكهربائي الإضافي.

تستخدم النظم الكهروضوئية المستقلة والمشتركة للحصول على الطاقة الكهربائية اللازمة لبعض التطبيقات الصناعية ــ في المناطق النائية والبعيدة عن الشبكة الكهربائية ـ مثل تغذية أبراج الاتصالات والأجهزة الإرشادية والتحذيرية والإنارة وضخ المياه وري المزروعات .. وغيرها.

● نظم مرتبطة مع الشبكة

يتم في النظم المرتبطة مع الشبكة ربط المولد الكهروضوئي مع الشبكة الكهربائية، شكل (٣)، من خلال جهاز (تحويل وتحكم وحماية) يقوم بتحويل الطاقة المستمرة إلى متناوبة، وحماية المجمعات الكهروضوئية، ومراقبة حالة الشبكة والأحمال الكهربائية. وتمتاز النظم الكهروضوئية المرتبطة مع الشبكة بإنتاج الكهرباء في نفس مكان الاستهلاك مما يؤدي إلى خفض الفاقد في نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية إضافة إلى إمكانية تخفيف جزء من أحمال الشبكة الكهربائية خاصة أثناء فترات الذروة حيث يمكن للمولد الكهروضوئي أن يزود الشبكة الكهربائية بالطاقة الزائدة عن استهلاك المبنى أو تخزينها في بطاريات لوقت الحاجة إليها.



● شكل (١) مخطط لنظام كهروضوئي مستقل

● شكل (٢) مخطط لنظام كهروضوئي مشترك.

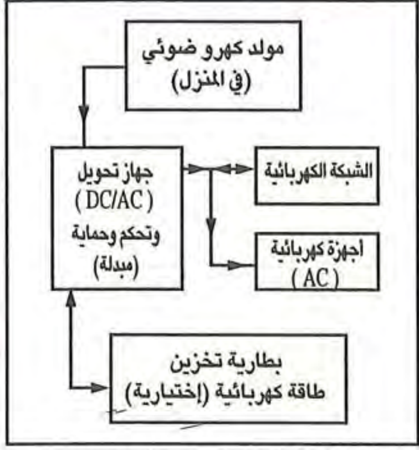
المصدر / السنة	١٩٩١م	١٩٩٢م	١٩٩٣م	١٩٩٤م
الولايات المتحدة الأمريكية	١٦,٣	١٧,٩	٢١,٠	٢٥,٦
اليابان	١٨,٧	١٨,٣	١٧,٠	١٩,٥
أوروبا	١٣,٠	١٦,٠	١٧,٠	٢١,٦
دول أخرى	٦,٠	٦,٠	٦,٠	٦,٠
المجموع	٥٤,٠	٥٨,٢	٦١,٠	٧٢,٧

● جدول (١) الإنتاج العالمي من المجمعات الكهروضوئية (ميجاوات ذروى/سنة).

إنتاج المجمعات الكهروضوئية

يتزايد الإنتاج العالمي من المجمعات الكهروضوئية (ميجاوات ذروى) بزيادة تطبيقات الطاقة الكهروضوئية، ويوضح الجدول (١) إنتاج المجمعات الكهروضوئية (١٩٩١م ــ ١٩٩٤م) في كل من الولايات المتحدة الأمريكية، واليابان، وأوروبا، ودول أخرى. ويتضح من الجدول أن الإنتاج العالمي للمجمعات في زيادة مستمرة، وعلى سبيل المثال فقد ارتفع من ٦١ ميجاوات ذروى في عام ١٩٩٣م إلى ٧٢,٧ ميجاوت ذروى في عام ١٩٩٤م بزيادة قدرها ١١,٧ ميجاوات ذروى أي بنسبة ١٩,٢٪ .

وتستخدم المجمعات الكهروضوئية في تطبيقات مختلفة مثل النظم الكهروضوئية المستقلة والمشتركة والمرتبطة، إضافة إلى العديد من المنتجات الاستهلاكية مثل



● شكل (٣) مخطط لنظام كهروضوئي مرتبط مع الشبكة الكهربائية.

الساعات والحاسبات الصغيرة والألعاب. ويوضح الجدول (٢) النسبة المئوية لمساهمة المجمعات الكهروضوئية المنتجة عالمياً (١٩٩١م) في تطبيقات مختلفة.

تجارب كهروضوئية دولية

تقوم بعض دول العالم بإجراء تجارب وتطبيقات كهروضوئية عديدة تهدف إلى التوسع في استغلال الكم الهائل من الطاقة الشمسية التي تصل - بقدرة الله - إلى سطح الأرض.

ويرجع ذلك التوسع إلى مجموعة عوامل رئيسة من أهمها الإسهام في ترشيد مصادر الطاقة التقليدية والمحافظة عليها وعدم الإفراط في استهلاكها، والحد من نسبة التلوث خاصة في محطات الكهرباء، والحد من الاستثمارات الضخمة اللازمة للتوسع في إنشاء المحطات الكهربائية وشبكة النقل والتوزيع، فضلاً عن تنمية المناطق النائية لتحسين مستوى الحياة فيها وذلك عن طريق تزويدها بحد أدنى من

نوع التطبيق	المساهمة (٪)
محطات كهروضوئية	١٠
نظم مرتبطة مع الشبكة	١١
نظم لتطبيقات صناعية في مناطق نائية	٢٠
مساكن نائية	٣٤
منتجات استهلاكية	٢٥
المجموع	١٠٠

● جدول (٢) النسبة المئوية لمساهمة المجمعات الكهروضوئية في تطبيقات مختلفة.

الطاقة الكهربائية اللازمة للإنارة، وتشغيل الأجهزة السمعية والبصرية، وضخ المياه، وتنقيتها وتحليتها ومعالجتها. ومن التجارب الدولية في هذا المجال مايلي :-

● التجربة الألمانية

تهدف التجربة الألمانية إلى الحد من التلوث البيئي، والمساهمة في خفض الحمل الكهربائي في أوقات الذروة، ودراسة توزيع النظم الكهروضوئية على أماكن مختلفة من الشبكة الكهربائية.

نوع التطبيق	الكمية (وحدة/سنة)
نظام كهروضوئي مستقل (٢٥ إلى ٧٠ وات ذروى)	٦٢,٠٠٠
مضخة مياه عميقة (١٠ إلى ١٣٠ كيلوات ذروى)	٣١٥
مضخة مياه سطحية (٧متر)	١,٢٥٠
محطات ريفية (١ إلى ٢٥ كيلوات ذروى)	٤٨٦
مولد لأبراج البث التلفزيوني	٢٠٠
هاتف ريفي	٦٠,٠٠٠
كشاف متنقل (٦ إلى ١٠ وات ذروى)	٨,٩٠٠

● جدول (٣) التطبيقات الكهروضوئية القائمة في الهند حتى عام ١٩٩٤م.

بدأت التجربة عام ١٩٩٠م، وكانت عبارة عن مشروع مكون من ألف منزل يستخدم الكهرباء المنتجة بالطاقة الشمسية، ومرتبط مع الشبكة الكهربائية، ثم ارتفع هذا العدد حتى وصل إلى ٢٥٠٠ منزل في

م	اسم المشروع	الحجم (كيلووات)	الجهة المنفذة
١	القرية الشمسية (العيينة)	٣٥٠,٠	مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
٢	إنارة نفق رقم ٨ - أبها	٤٨,٧٢	وزارة المواصلات
٣	إنارة نفق رقم ٩- أبها	٥٨,٢٤	وزارة المواصلات
٤	إنارة علامات المرور على الطرق السريعة	٢٦,٢٥	وزارة المواصلات
٥	إنارة وتحذير معابر المشاه	,٦٠	وزارة المواصلات
٦	إنارة	٣,٠	مؤسسة الموانىء
٧	تحذير السيارات وإرشادها	٣,٤٨	وزارة المواصلات
٨	تحذير السيارات من الانحدار على الطرقات	١,٢	وزارة المواصلات
٩	عداد للسيارات - الدمام	,٠٩٠	وزارة المواصلات
١٠	عداد للسيارات - جدة	,٠٩٠	وزارة المواصلات
١١	إنتاج الهيدروجين	١,٠	مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
١٢	إنتاج الهيدروجين	٢,٠	جامعة الملك عبد العزيز - جدة
١٣	حماية المعادن من التآكل	٧٢٠,٠	أرامكو - السعودية
١٤	حماية المعادن من التآكل	٣,٠	مؤسسة تحلية المياه المالحة
١٥	ضخ وتحلية المياه	١١,٠	مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
١٦	إتصالات	٣٦,٠	أرامكو - السعودية
١٧	إتصالات هاتفية	٦,٠	الحرس الوطني
١٨	إتصالات هاتفية (٤٩ موقع)	١٥٨,٠	وزارة الداخلية
١٩	إتصالات هاتفية (٢٥ موقع)	٨٩,٧	وزارة الدفاع
٢٠	إتصالات هاتفية	١١,٥	متورولا - السعودية
٢١	إتصالات هاتفية - ألياف بصرية (٤٠٠موقع)	٥٠,٠	الهاتف السعودي - تحت الدراسة
٢٢	ميكرويف (٥ مواقع)	٢٩,٢	الهاتف السعودي
٢٣	ميكرويف (٥ مواقع)	١٤,٨	وزارة الإعلام
٢٤	ميكرويف (موقعان)	٤,٣	القوات الخاصة
٢٥	كهرباء الجنوبية (٣٠ موقع)	١٥,٠	كهرباء الجنوبية
٢٦	كهرباء الغربية (٢٠ موقع)	٤,٠	كهرباء الغربية

● جدول (٤) مشاريع النظم الكهروضوئية في المملكة العربية السعودية (١٩٨٠م - ١٩٩٥م).

عام ١٩٩٤م ، وتبلغ القدرة الإجمالية للطاقة المركبة لهذه المنازل ٤٤٠٠ كيلووات ذروى (١,٥ إلى ٥ كيلووات ذروى لكل منزل) تنتج ما يعادل ٣٥٢٠ ميجاوات ساعة/سنة ، بمعدل سنوي ٨٠٠ كيلووات ساعة/كيلووات ذروى . وتقوم شركات الكهرباء بشراء الطاقة الكهربائية الزائدة عن حاجة المشترك بأسعار مدعومة وتشجيعية.

● التجربة الهندية

بلغ إنتاج الهند من المجمعات الكهروضوئية ٤ ميجاوات ذروى ، عام ١٩٩٤م تمثل ٧٪ من الإنتاج الكهروضوئي العالمي . ويتوقع أن يرتفع الإنتاج إلى أكثر من ٧ ميجاوات ذروى في عام ١٩٩٦م ويوضح الجدول (٣) التطبيقات الكهروضوئية القائمة في الهند حتى عام ١٩٩٤م.

● تجربة دول غرب إفريقيا

قام الاتحاد الأوربي بتخصيص مبلغ ٤٠ مليون دولار لتركيب نظم كهروضوئية في دول ساحل غرب إفريقيا ـ بوركينا فاسو ، والرأس الأخضر ، وتشاد ، وجامبيا ، وغينيا بيساو ، ومالي ، وموريتانيا ، والنيجر ، والسنغال ـ حيث تم استغلال النظم الكهروضوئية في تشغيل ٣٣٠ مضخة مياه ، و٣٣٩ محطة كهروضوئية جماعية ، و٢٤٠ نظام كهروضوئي للإنارة المنزلية ، و٦٣ ثلاجة طبية ، و٣٦ نظام كهروضوئي .

النظم الكهروضوئية في المملكة

تعد المملكة والحمد لله من أغنى البلاد بالطاقة الشمسية ، ولذا فقد بدأت في إدخال وتطبيق وتطوير تقنية الطاقة الشمسية وتحويلها إلى طاقة كهربائية يمكن الاستفادة منها واستغلالها في تطبيقات عديدة . وقامت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** مع جهات علمية أخرى وهيئات عديدة بتنفيذ عدة تجارب ومشروعات تتعلق بنظم الطاقة الكهروضوئية واستخداماتها في تطبيقات متوسطة وعالية القدرة . ويوضح الجدول (٤) قائمة بأهم مشاريع النظم الكهروضوئية في المملكة (١٩٨٠ ـ ١٩٩٥م) .

مصطلحات علمية (*)

● **ممصاص** **Absorber**
جزء من المجمع الشمسي يمتص الإشعاع الشمسي الساقط عليه ويحوله إلى طاقة حرارية ، ثم ينقلها إلى وسط انتقال حراري .

● **معامل الإمتصاص** **Absorptance**
نسبة الإشعاع الشمسي الذي يمتصه سطح ما إلى الإشعاع الشمسي الكلي الساقط عليه .

● **تبريد الإمتصاص** **Absorption Cooling**
آلية تبريد ذات وسط امتصاص خاص تستخدم في نظم التبريد بالطاقة الشمسية.

● **طبقة إنتقائية ماصة** **Absorptive Coating**
طبقة من أكاسيد معدنية خاصة تضاف إلى الطبقة الماصة الرئيسة في المجمع الشمسي الحراري لزيادة معامل امتصاصها للإشعاع الشمسي الساقط عليه .

● **إشابة** **Doping**
آلية فيزيائية ـ كيميائية تتمثل في إدخال ذرات جديدة إلى أشباه الموصلات لزيادة كفاءتها ، وتستخدم في صناعة الخلايا الكهروضوئية والأدوات الإلكترونية الدقيقة .

● **معامل التعبئة** **Fill Factor (FF)**
نسبة الطاقة العظمى الناتجة من خلية كهروضوئية إلى الطاقة المتوفرة فيها ، وتتراوح قيمتها بين ٤,٠ إلى ٨٥,٠ طبقاً لجودة الخلية .

● **خلايا الوقود** **Fuel Cells**
أجهزة كهروكيميائية تقوم بتحويل طاقة التفاعلات الكيميائية إلى طاقة كهربائية ، وأهمها خلايا وقود الهيدروجين الحامضية ، والقلوية .

● **عازل** **Insulator**
وسط مادى لا تحدث من خلاله تبادلات حرارية أو كهربائية أو ضوئية .

● **وات ذروي** **Peak Watt**
وحدة قياس الطاقة الكهربائية المنتجة من مجمع كهروضوئي تحت ظروف قياسية .

● **محطة فضائية شمسية**
Satellite Solar Power Station
أقمار صناعية تدور حول الأرض في مدار معين ، وتقوم بالتقاط الإشعاع الشمسي وتحويله إلى موجات كهرومغناطيسية ، ثم إرسالها إلى سطح الأرض في شكل أمواج مترية ذات طاقة تصل إلى عشرات الميجاوات ، ويتم التقاطها بوساطة هوائي أرضي ذو تصميم هندسي خاص .

● **هندسة معمارية شمسية**
Solar Architecture
تصميم معماري مهيأ لتجميع وتخزين وتوزيع الطاقة الشمسية الساقطة على المبنى .

● **فرن شمسي** **Solar Furance**
جهاز لمعالجة المواد حرارياً بالطاقة الشمسية .

● **تدفئة شمسية** **Solar Heating**
نظام مكون من مجمعات شمسية لتحويل جزء من الطاقة الشمسية الساقطة على مبنى ما إلى وسط تبادل حراري ، وتوزيعها مرة أخرى بوساطة نظام تدفئة تقليدي (نظام فعّال) .

● **خلية كهروضوئية فضائية**
Space Solar Cell
أداة لتحويل الإشعاع الشمسي مباشرة إلى طاقة كهربائية لاستخدامها في الرحلات الفضائية .

(*) المصدر : البنك الآلي السعودي للمصطلحات (باسم) مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية.

اقتصاديات الطاقة الشمسية

د. صالح حسين العواجي

ترتبط خطط التنمية والتطور في العالم ارتباطا وثيقا بالطاقة، ولذا يأتي تأمين مصادرها في مقدمة أولويات المجتمع الدولي، وقد زاد الاهتمام بها خلال العقدين الماضيين للبحث عن مصادر جديدة وبديلة لها، ويرجع ذلك بصفة أساس إلى ارتفاع معدل استهلاكها السنوي نتيجة التزايد المستمر في النمو السكاني والاقتصادي، كما أن أهم مصادرها الحالية النفط والغاز الطبيعي والفحم آيلة للنضوب، والحصول عليها يخضع أحياناً لاعتبارات سياسية واقتصادية، إضافة إلى تأثيراتها البيئية الناتجة عن استغلال بعضها.

وتعد الطاقة الشمسية من أهم البدائل الجديدة والمتاحة للطاقة التي تعلق عليها الكثير من الآمال لسد الاحتياج العالمي منها، وقد تم استغلالها منذ آلاف السنين في الإضاءة الطبيعية والتدفئة. تنتج الطاقة الشمسية عن التفاعلات النووية الاندماجية المستمرة في الشمس وتنتقل بوساطة الإشعاع إلى الأرض، حيث تبلغ ذروتها على سطح الأرض واحد كيلوات/م٢/ساعة، وعلى هذا فإن مقدار الطاقة الضوئية التي تصل إلى سطح الأرض من الشمس تبلغ حوالي ١,٠٢×١٠^١٧ وات، ويزيد هذا المقدار عشرة آلاف ضعف إجمالي الطاقة التي يستهلكها العالم سنوياً.

وعلى الرغم من هذا الكم الهائل من الطاقة الشمسية إلا أن هناك عوامل رئيسة تحول دون استغلالها في الوقت الحالي بصورة اقتصادية جيدة، ومن هذه العوامل قلة كثافة الطاقة الشمسية في بعض الأوقات وفي بعض المناطق على سطح الأرض، وتأثير الظواهر الجوية مثل الأمطار والثلوج والغيوم والرياح، والظواهر الجغرافية مثل اختلاف التضاريس وتغير خطوط الطول والعرض، والتغير في المناخ على مدار الفصول الأربعة، وبعض الصعوبات التقنية في معدات وأجهزة الطاقة الشمسية إلى جانب التكلفة العالية لإنشاء المحطات الشمسية.

وعلى الرغم من العوامل السابقة التي تقلل من فرص الاستغلال الاقتصادي للطاقة الشمسية في الوقت الحاضر إلا أنه أمكن استخدامها في إنتاج نوعين من الطاقة هما الطاقة الشمسية الكهروضوئية والطاقة الشمسية الحرارية.

الطاقة الشمسية الكهروضوئية

تُنتج الطاقة الشمسية الكهروضوئية بالتحويل المباشر للطاقة الضوئية إلى كهرباء باستخدام الخلايا الكهروضوئية التي تتميز بعمر زمني طويل (أكثر من ٢٠ سنة)، وبتكاليف تشغيل وصيانة منخفضة، وتعمل دون حدوث حركة أو ضوضاء، فضلاً عن عدم تلوثها للبيئة. ونظراً للتكاليف العالية اللازمة لإنشاء المحطات الكهروضوئية يجرى الآن العديد من البحوث والدراسات التي تهدف بصفة أساس إلى خفض تلك التكلفة عن طريق تحسين كفاءة تحويل الخلايا والنظم الكهروضوئية وذلك بمعالجة تركيبها، وخفض تكلفة تصنيعها، واستخدام عناصر جديدة من أشباه الموصلات. وعلى الرغم من إدخال بعض التحسينات السابقة والتطوير للخلايا الكهروضوئية إلا أن كفاءة تحويلها للطاقة الضوئية إلى كهربائية لازالت محدودة ولم تتجاوز ٢٠٪ على النطاق التجاري.

يمكن الاستفادة من الطاقة الكهروضوئية في تطبيقات عديدة من أهمها تزويد المناطق النائية أو المناطق الجبلية بطاقة كهربائية ذات أحمال محدودة لإضاءة المساكن، وضخ المياه وتحلية وتنقية مياه الآبار ... وغيرها. وذلك بسبب أن تمديد شبكات الكهرباء العامة إلى المناطق النائية يكلف حالياً مبالغ طائلة، كما أن بناء محطات أو توفير مولدات خاصة لهذه المناطق تحتاج إلى تكاليف عالية عند تشغيلها وصيانتها.

● تكلفة الطاقة الكهروضوئية

تتوقف تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية باستخدام النظم الكهروضوئية على عدة عوامل من أهمها تكاليف إنشاء المحطة، والعمر الافتراضي لها، وتكاليف التشغيل والصيانة، وتكاليف تخزين الطاقة الكهربائية المولدة، وقدرة المحطة، ونوع الخلايا المستخدمة، وأسس تصميم المحطة، إضافة إلى معدل إسقاط الإشعاع الشمسي، وظروف البيئة، والعائد المادي من رأس المال المستثمر.

المصدر	كفاءة التحويل (٪)		تكاليف الإنشاء (ريال/متر٢)		تكاليف التشغيل والصيانة (ريال/كيلووات ساعة)	تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية (ريال/كيلووات)
	خلايا	نظام	خلايا	ملحقات		
خلايا سيليكون أحادية البلورة	١٥	١١,٥	١١٢٥,٠	١٨٧,٥	,٥٦	١,٠٥
خلايا سيليكون متعددة البلورات (١)	١٤,٢	١٠,٩	٩٧٥,٠	١٨٧,٥	,٥٦	١,٠١
خلايا سيليكون متعدد البلورات (٢)	١٥	١١,٥	٧٥٠,٠	١٨٧,٥	,٥٦	,٧٩
خلايا أفلام السيليكون الرقيقة	١٠	٧,٧	٥٦٢,٥	١٨٧,٥	,٥٦	,٤٩
محطة بسعة ١ ميجاوات (تتبُّع أحادي المحور)	١٠	٧,٧	٦٠٠,٠	١٨٧,٥	,٩٣	١,٠١
محطة بسعة ١٠ ميجاوات (تتبع أحادي المحور)	١٠	٧,٧	٢٢٥,٠	١٨٧,٥	,٩٣	,٥٦
محطة بسعة ١ ميجاوات (تتبع ثنائي المحور)	٢٠	١٥,٤	٩٣٧,٥	٣٧٥,٠	,٩٣	,٧٩
محطة بسعة ١٠ ميجاوات (تتبع ثنائي المحور)	٢٠	١٥,٤	٥٦٢,٥	٣٧٥,٠	,٩٣	,٦٠

● جدول (١) تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية من بعض الخلايا والنظم الكهروضوئية خلال عام ١٩٩٤م.

يبين الجدول (١) تكاليف النظم الكهروضوئية (الإنشاء والتشغيل والصيانة)، ومتوسط تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية المتوقع إنتاجها لأنواع مختلفة من الخلايا والمحطات الكهروضوئية خلال عام ١٩٩٤م على افتراض أن متوسط معدل الإسقاط الشمسي ١٨٠٠ كيلو وات ساعة/م٢ /سنة (٠,٢ كيلووات ساعة/م٢) . ويتضح من الجدول أن متوسط قيمة تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية من النظم الكهروضوئية يتراوح بين ٠,٤٩ إلى ١,٠٥ ريال / كيلووات ساعة.

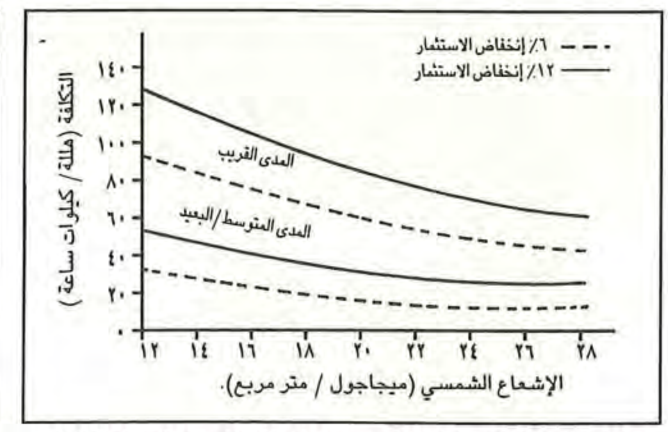
وعند مقارنة هذه التكلفة مع تكلفة إنتاج الطاقة من المصادر التقليدية الأخرى - التي تتراوح قيمتها بين ٠,١ إلى٠,٢ ريال /كيلووات ساعة - نجد أن تكلفة الطاقة الكهروضوئية لازالت عالية نسبياً إلى الآن ، إلا إنه مع تطور تقنية الخلايا والنظم الكهروضوئية ، وخفض الاستثمارات اللازمة لإقامة المحطات الشمسية سوف تنخفض تكلفة الطاقة الكهروضوئية الناتجة إلى الحد الذي قد يسمح باستغلالها اقتصادياً.

ويوضح الشكل(١) الانخفاض المتوقع في تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية من الأنظمة الشمسية الكهروضوئية حسب معدل انخفاض الاستثمار اللازم لإقامة هذه الأنظمة بمقدار ٦٪ ، و١٢٪ على كل من المدى القريب ، والمدى المتوسط البعيد . ويلاحظ من الشكل - بصفة عامة — تأثير نسبة انخفاض الاستثمار على التغيرات المتوقعة لأسعار الطاقة الكهروضوئية ووصولها إلى قيم تقارب تكاليف إنتاج الكهرباء من المصادر التقليدية .

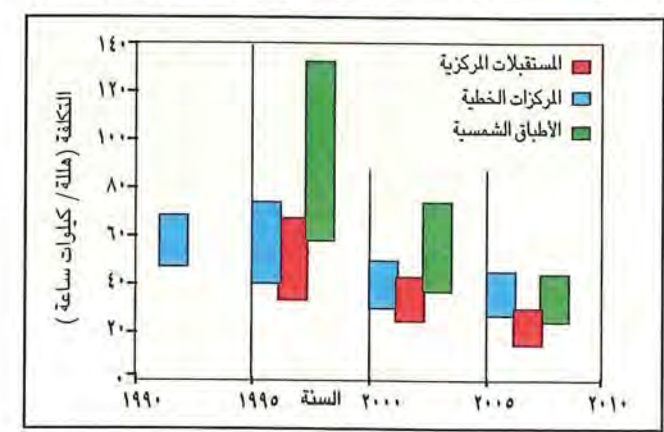
وعلى سبيل المثال فعند إشعاع شمسي قدرته ٢٠ ميجا جول/م٢، ومع انخفاض استثماري قدره ٦٪ ، شكل (١)، نجد أن تكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية تنخفض من ٨٣ إلى ٦٠ هللة / كيلووات ساعة في المدى القريب ، ومن ٣٦ إلى ١٨ هللة/كيلووات ساعة في المدى المتوسط/ البعيد، وكمثال آخر ، عند إشعاع شمسي قدرته ٢٨ ميجا جول/م٢ تنخفض التكلفة من ٦٠ إلى ٤٣ هللة / كيلووات ساعة في المدى القريب ، ومن ٢٣ إلى ١٣ هللة / كيلووات ساعة في المدى المتوسط/ البعيد .

الطاقة الشمسية الحرارية

يعد استغلال الطاقة الشمسية في صورتها الحرارية من أقدم تطبيقات مصادر الطاقة المتجددة وذلك لسهولة وبساطة الاستغلال المباشر لحرارة الشمس في عدد من التطبيقات التي قد تحتاج إلى كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية مثل تسخين المياه ، وتدفئة البيوت المحمية للزراعة ، وتجفيف الحاصلات الزراعية . إلا أن استخدام الطاقة الشمسية الحرارية في توليد الكهرباء يعد من المجالات الحديثة التي لازالت في مرحلة البحث والتطوير . ونظراً لأهمية هذا المجال فقد بدأ تطويره بصورة جدية في بداية الثمانينات الميلادية من هذا القرن عن طريق إقامة مجموعة من محطات الطاقة الشمسية الحرارية في عدد من الدول الصناعية مثل الولايات المتحدة الأمريكية ، واليابان ، وبعض الدول



● شكل (١) تكلفة الكهرباء المنتجة حسب معدلات انخفاض الاستثمار (٦٪ و١٢٪).



● شكل (٢) الإنخفاض المتوقع في تكاليف الكهرباء المنتجة بالحرارة الشمسية.

الأوروبيـــــة . وقد أسفرت نتائج الدراسة والبحث عن إمكانية خفض تكاليف إنتاج الطاقة الكهربائية من محطات الطاقة الشمسية الحرارية الحديثة بنسبة عالية ـ قد تصل إلى ٨٠٪ ـ مقارنة بتكلفتها من المحطات السابقة التي أنشئت لغرض البحث والتطوير .

● تكلفة الطاقة الحرارية

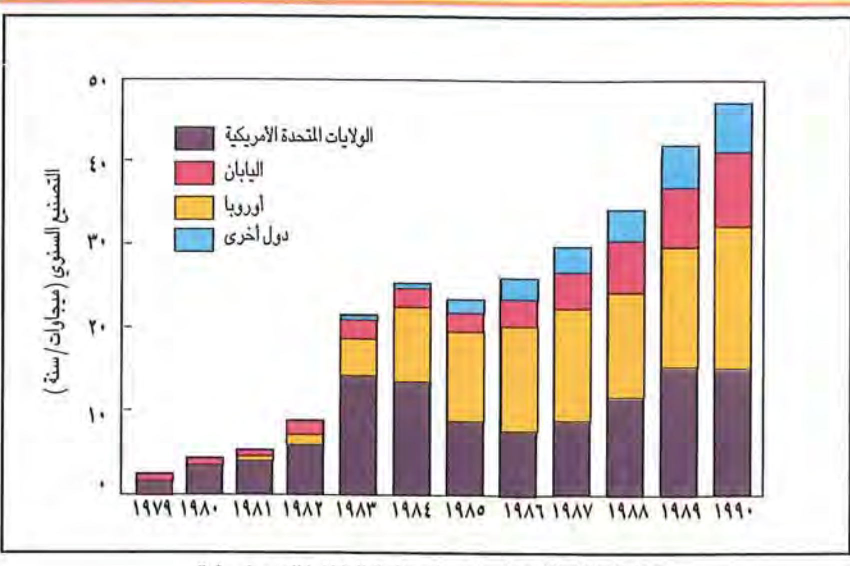
يوضح الشكل(٢) التكاليف الحالية والمتوقعة لإنتاج الطاقة الكهربائية من محطات الطاقة الشمسية الحرارية (١٩٩٥م ـ ٢٠١٠م) باستخدام ثلاثة نظم هي المركزات الخطية (Parbolic - Trough Systems) ، والمستقبلات المركزية (Central Receiver Systems) ، والأطباق الشمسية (Parabolic Dish Systems) ويتضح من الشكل (٢) ، أن تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية الحرارية لازالت عالية نسبياً ـ من النظم الثلاثة ـ إذا ما قورنت بتكلفتها من مصادر الطاقة التقليدية الأخرى ، إلا أنه وبمشيئة الله يتوقع انخفاضها مع التقدم التقني في هذا المجال، وبناء محطات شمسية حرارية ذات قدرات عالية . وعلى سبيل المثال تتراوح تكلفة الكيلو وات ساعة من الطاقة الكهربائية المنتجة من الأطباق الشمسية بين ١٣٢ إلى ٦٠ هللة (١٩٩٥م ـ ٢٠٠٠م)، ويتوقع انخفاضها إلى قيمة تتراوح بين ٧٢ إلى ٣٥ هللة (٢٠٠٠م ـ ٢٠٠٥م) ، وبين ٤٢ إلى ٢٢,٥ هللة (٢٠٠٥م ـ ٢٠١٠م).

المـــردود الاقتصـــادي

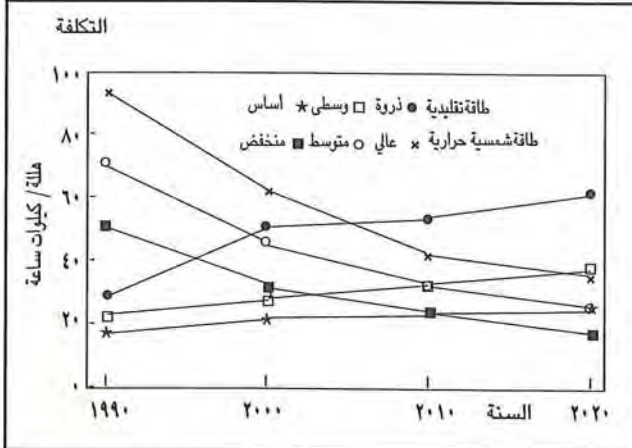
عند مقارنة تكلفة إنتاج الطاقة من مصادرها التقليدية المعروفة مع تكاليف إنتاجها من الطاقة الشمسية يتضح من الوهلة الأولى عدم جدوى استغلال الطاقة الشمسية حالياً قياساً على الزيادة في تكاليفها التأسيسية. أما إذا أضفنا عناصر أخرى غير التكلفة المباشرة لوحدة الطاقة من الطاقة التقليدية مثل تكاليف الحد من تأثيرها على البيئة والمجتمع التي تقدر بحوالي ٠,٠٨ ريال/كيلووات ساعة ـ وهي شبه معدومة في حالة استغلال الطاقة الشمسية إذ أن تأثيراتها على البيئة محدودة جداً ـ يصبح هناك تقارب في تكلفة إنتاج وحدة الطاقة سواء من الطاقة الشمسية أو التقليدية إضافة إلى أن هناك جوانب أخرى تُبرز المردود الاقتصادي للطاقة الشمسية منها ما يلي : ـ

١ـ بناء مصانع لإنتاج الخلايا الكهروضوئية ومعدات استغلال الطاقة الشمسية ، وما يترتب على ذلك من فتح مجالات جديدة لفرص العمل والاستثمار الاقتصادي في هذه الصناعة . ويوضح الشكل (٣) معدل النمو السنوي لصناعة الخلايا الكهروضوئية (١٩٧٩م ـ ١٩٩٠م) في كل من الولايات المتحدة الأمريكية ، واليابان ، وأوروبا ، ودولاً أخرى .

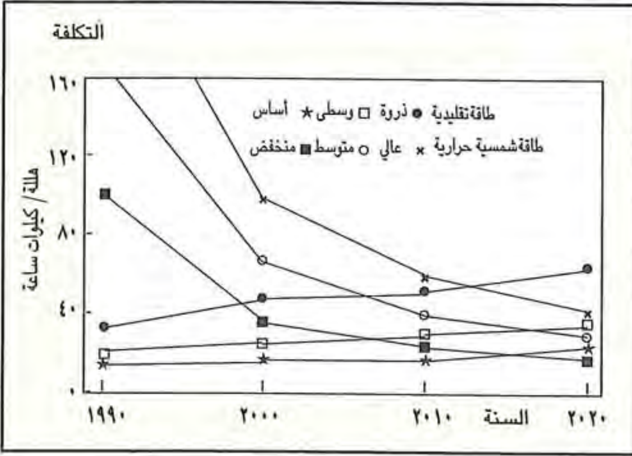
٢ـ توقع زيادة انخفاض تكاليف استغلال الطاقة الشمسية خلال العقد المقبل نتيجة للجهود المكثفة التي تبذل في مجال البحث والتطوير ، مع توقع زيادة تكاليف الطاقة الكهربائية من المصادر الأخرى . ويبين الشكلان (٥,٤) مقارنة بين تكلفة الطاقة الكهربائية المنتجة من الحرارة



● شكل (٣) النمو السنوي لصناعة الخلايا الكروضوئية.



● شكل (٤) مقارنة بين تكلفة الكهرباء المنتجة من الحرارة الشمسية والطاقة التقليدية .



● شكل (٥) مقارنة بين تكلفة الكهرباء المنتجة من الخلايا الشمسية والطاقة التقليدية .

الشمسيـة ، والخلايـا الكهـروضـوئيـة مع مصـادر الطــاقـة التقليــديـة (١٩٩٠م - ٢٠٢٠م) . ويتضح مـن الشكلين ارتفــاع تكلفة إنتـاج الطاقـة الكهربـائية من الطـاقة الشمسية في الوقت الحالي مقارنـة بأسعارها من الطـاقة التقليـديـة، إلا أنـه بحلول عـام ٢٠١٠م إن شاء اللـه يتوقع انخفـاض تكلفة الطـاقة الكهـروضوئيـة والحراريـة مقارنـة بتكلفتهــا من المصــادر الأخــرى ، بل وعلى العكس من ذلك فقد بـدأت تكلفة الطـاقـة الكهربائيـة من المصادر التقليديـة في الزيادة منذ عام ١٩٩٠م. ولذا قـد يكون من المجدي اقتصاديا في عـام ٢٠١٠م بناء محطات ذات قدرات عـالية لتوليد الطـاقة الكهربـائية من الطـاقـة الشمسيـة ، وربطهـا مبـاشرة مع الشبكة العـامة للكهربـاء وذلك للمساهمة في تأمين استمـرار التيار الكهـربـائي خاصـة خلال فترة أحمال الذروة التي تتزامن بصفة أسـاس مع شـدة الإشعاع الشمسي وارتفـاع درجة الحرارة . كما أنه يتـوقع أن يدخل هذا المصـدر مجال المنافسـة عام ٢٠٢٠م لبنـاء محطات كهـربائية على نطـاق واسع لتغطية الأحمال الكهربائية المتوسطة .

٣- تعــد الطاقـة الشمسية الخيار الأفضل لتوليد الكهربـاء لبعض التطبيقات خصوصاً في المنـاطق النائيـة ذات الأحمال الصغيرة أو المناطق الجبلية التي يشكل نقل الـوقود إليها - في حالـة استغلال مصادر تقليديـة - نسبة كبيرة من تكـاليف التشغيل . وتوجـد حاليـاً احتياجات كبيرة لمثل هـذه التطبيقات سوف تُعــزز من صناعــة تجهيـزات الطــاقــة الشمسيــة .

٤- عدم التقلبـات المفاجئة في أسعار الطـاقة الشمسيـة - قيـاساً على أسعـار الطاقـة من المصــادر التقليـديــة الأخـرى التي تخضع لاعتبـارات سياسيـة واقتصاديـات يصعب توقعهـا - يجعلهـا من المصادر الآمنـة التي يمكن الاعتماد عليها بصورة جيدة .

٥- يـؤدي التوسـع في استغـــلال الطاقـة الشمسيـة إلى تـرشيـد استهـلاك مصـادر الطاقة التقليـدية (النفط والغاز الطبيعي) ، ويقلل من استنزافهـا في وقت قصير ، فضلاً عن استخـدامهـا في صناعـات استراتيجيـة أخرى ذات مـردود اقتصادي كبير بـدلاً من استهلاكها مباشرة كمصدر للطاقة .

عالم في سطور

أ. د. روبرت وليمسن
Robert Williamson

● **الإسم :** روبرت وليمسن

● **الجنسية :** بريطاني

● **تاريخ الميلاد :** ١٩٣٨م

● **مكـان الميـلاد :** كليفـلانـد ، أوهـايـو ، أمريكا.

● **المؤهلات العلمية**

* بكالـوريوس العلـوم (مرتبـة الشرف) في الكيمياء ، الكلية الجامعية بلندن ، ١٩٥٩م .

* مـاجستير الكيميـاء الحيــويـة ، الكليـة الجامعية بلندن ، ١٩٦٠م .

* دكتوراة الفلسفـة في الكيمياء الحيـوية ، الكلية الجامعية بلندن ، ١٩٦٣م .

● **الوظيفـة الحالية :** أستاذ ورئيس قسم الكيميـاء الحيويـة وعلم الـوراثة الجزيئيـة بكليــة الطب ، مستشفى ســانت مــاري والكلية الإمبراطـورية بلنـدن ، ونائب عميـد كلية سانت ماري .

● **الأعمال التي شغلها**

* التـدريس والبحث العلمي في جــامعــة جلاسجو بالمملكة المتحدة .

* العمل في قســم علم الأجنـــة في معهــد كارنجي بواشنطن .

* أستــاذ زائر في قسم أمــراض النســاء والولادة في جامعة كولمبيا بالولايات المتحدة.

* أستاذ زائر في كلية الطب بجـامعة أوتيجو بنيوزيلندة .

● **الإنجازات العلمية**

* نشر أكثر من ٢٧٠ بحثاً في مجالات علمية عالية .

* تأليف ستة كتب في الهندسة الوراثية.

* دراسات في تطبيق القواعـد الأساس لعلم الــوراثـــة الجزيئي للكشف عـن آليـات الأمراض الوراثية في الإنسان ، ومسبباتهـا، وابتكار الأساليب المتطورة لتشخيصها .

* اكتشاف إنحذاف إحدى المورثات كعامل مسبب لمرض فقـــر الـــدم البحــــري (الثالاسيميا) من النوع (أ) .

* تطوير علم الـوراثة الجزيئي البشري بصورة عامة ، ووضع الأسس الكيموحيوية له.

* نشر الكثير من تقنيات علم الـوراثة الجزيئي عن طريق منظمة الصحة العالمية .

● **عضوية الجمعيات المهنية**

* زمـالة فخـريـة لمعهـد بيتسون لأبحـاث السرطان ، ١٩٧٦م .

* عضــو منتـدب بـــالمنظمـة الأوروبيــة لـلأحيـاءالجزيئيـة (Molecular Biology) ، ١٩٧٨م.

* زمـالــة الكليـة الملكيـة لإخصـــائي علم الأمراض ، ١٩٨١م .

* زمالـة فخريـة لقسم الكيمياء الحيـوية ، الكلية الجامعية بلندن ، ١٩٨٥م .

* استشـــاري فخـــري في علم الأحيـــاء الجزيئيـة بمنطقـة بـارك سايـر بـالمملكـة المتحدة ، ١٩٨٥م .

* عضـو فخـري بـالكليـة الملكيـة لأطبـاء البـاطنـة وعضـو لجنـة خبـراء الـوراثـة البشرية ، هيئة الصحة العالمية ، ١٩٨٦م.

* دكتـوراة فخريــــة في الطب ، جـامعـة تركو، فنلندة ، ١٩٨٧م .

* عضو مـؤسس لمنظمة المخـزون الوراثي البشري ، ١٩٨٩م .

* زمالة وليام جولن ميلكز ، ١٩٨٩م .

* زمـالـة الكليـة الملكيـة لأطبـاء البـاطنـة بأدنبرة، ١٩٩٠م .

● **الجوائـز**

* جائزة ولكم لتطبيقـات الكيمياء الحيـوية في الطب ، ١٩٨٢م/١٩٩٨٣م .

* ميدالية جون بانشو ، ١٩٩١م .

* ميدالية إفيان ، ١٩٩١م .

* جــائزة الملـك فيصل العــالميـــة للطب ١٤١٤هـ - ١٩٩٤م .

● **المصدر**

- الفائـــزون بجائـــزة الملك فيصـل العالميــة (١٤١٤هـ - ١٩٩٤م) .

الأنابيب الحرارية في نظم الطاقة الشمسية

د. سيد محمود حسنين
م. حمد الفارس

يعد الأنبوب الحراري ابتكاراً هندسياً متميزاً لمقدرته على نقل كمية كبيرة من الطاقة الحرارية خلال مقاطع صغيرة وبفارق قليل جداً في درجة الحرارة بين طرف الأنبوب ذو الطاقة العالية والطرف الثاني ذو الطاقة المنخفضة ، وهو في أبسط صوره عبارة عن أنبوب معدني مغلق الطرفين مفرغ من الهواء ومبطن من الداخل بشبكة معدنية مشبعة بمائع خاص قابل للتحول من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة التشغيل .

يستفاد من تقنية الأنابيب الحرارية في عدة استخدامات من استخدامات الطاقة الشمسية مثل السخانات الشمسية المسطحة والسخانات ذات الأنابيب المفرغة ، وكوسائط لنقل الحرارة من بؤرة المجمعات الشمسية ذات التركيز البؤري ، وكذلك في نقل الحرارة من المجمعات الشمسية إلى الأنظمة الشمسية المختلفة .

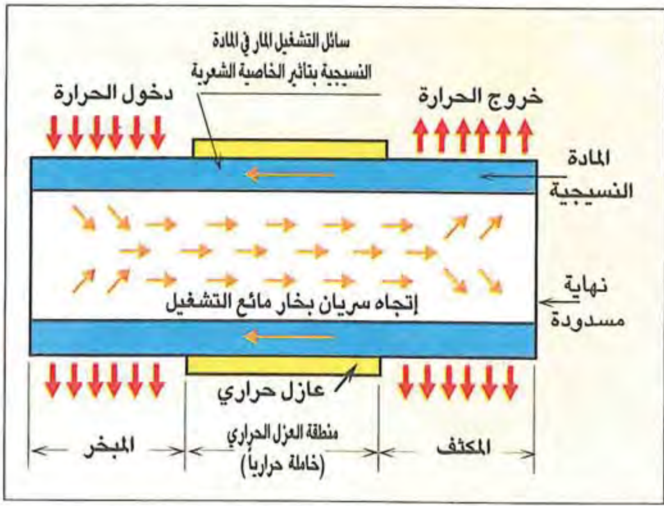
قبل الخوض في استخدام الأنابيب الحرارية في الأنظمة الشمسية سيتم التطرق للمعلومات المتعلقة بتركيبها وطريقة عملها وتطبيقاتها العامة وذلك لتكوين فكرة عامة عن هذه التقنية .

المبدأ الأساس للتشغيل

يتكون الأنبوب الحراري ، شكل (١) ، من أنبوب ذو مقطع دائري مبطن بشبكة معدنية ذات شكل هندسي محدد تغطي الجدار الداخلي للأنبوب ، وباستثناء هذه الشبكة يعد الأنبوب فارغاً من الداخل وذلك للسماح بانتقال مائع التشغيل بحرية بين النهاية التي يتم سحب الحرارة منها إلى النهاية الأخرى التي يتم دفع الحرارة إليها . تسمى النهاية التي يتم سحب الحرارة منها بالمبخر والنهاية الأخرى بالمكثف ، وهاتان النهايتان موصولتان بجزء من الأنبوب معزول حرارياً لمنع انتقال الحرارة من هذا الجزء من الأنبوب إلى الوسط المحيط به .

عندما يسخن المبخر تنتقل الحرارة عبر جدار الأنبوب إلى الشبكة المعدنية حيث يتم تبخير السائل الموجود فيها ومن ثم ينتقل البخار عبر الفراغ الداخلي إلى النهاية الأخرى (المكثف) ليتم تكثيفه ، وخلال عملية التكثيف يتم طرد الحرارة الكامنة للتبخير إلى الوسط المحيط بالمكثف ، أما البخار فيتكثف عند الشبكة المعدنية ثم ينتقل إلى المبخر تحت تأثير الفرق في الضغط داخل الشبكة المعدنية والذي ينتج عن الخاصية الشعرية بين المكثف والمبخر، وعلى هذا الأساس فإن انتقال الحرارة يتم عن طريق أربع مراحل هي :

- تبخير السائل في المبخر .
- انتقال البخار من المبخر إلى المكثف .
- تكثيف البخار في المكثف .
- انتقال السائل من المكثف إلى المبخر .



● شكل (١) رسم توضيحي لمكونات وطريقة عمل الأنبوب الحراري.

يتميز الأنبوب الحراري بكفاءة عالية في نقل الطاقة الحرارية لأنه يعتمد على مبدأ الطاقة الكامنة (Latent Heat) للمائع المستخدم والتي تبلغ أضعاف الطاقة اللازمة لرفع درجة المائع إلى درجة معينة ، فمثلاً تتساوي كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من الماء من سائل عند درجة حرارة ١٠٠°م إلى بخار عند درجة حرارة ١٠٠°م مع كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة ٥٤٠ جرام من الماء إلى درجة واحدة مئوية .

ويمكن ايضاح كفاءة الأنبوب الحراري بمقارنة الحرارة المنقولة بوساطة قضيب نحاسي بقطر سنتميتر واحد وطول ٥٠سم ، فعند وضع هذا القضيب بين وسطين يبلغ فرق درجة الحرارة بينهما ٢٠٠°م مثلاً فإن القضيب يستطيع نقل ١٣ وات من الطاقة الحرارية .

وفي حالة استخدام أنبوب حراري من الفولاذ وبداخله مادة الصوديوم كمائع وله نفس أبعاد القضيب النحاسي ويعمل عند نفس درجات الحرارة ، فان هذا الأنبوب يستطيع نقل ما مقداره ٢٠٠٠ وات من الطاقة الحرارية .

مكونات الأنبوب الحراري

يتكون الأنبوب الحراري من مائع التشغيل والنسيج المعدني والأنبوب الخارجي وذلك على النحو التالي :

● مائع التشغيل

يعد مائع التشغيل الوسيط الأساس لانتقال الحرارة داخل الأنبوب الحراري . وهناك أنواع عديدة من موائع التشغيل تختلف باختلاف درجة حرارة التشغيل والتي تبدأ من درجات التجمد الفائق (أقل من -٢٠٠°م) وحتى درجات ذوبان المعادن (أكثر من ١٥٠٠°م) . ويجب أن تتوفر في مائع التشغيل الخصائص التالية : -

١ - توتر سطحي ذو قيمة عالية وذلك حتى يمكن تشغيل الأنبوب الحراري في اتجاه معاكس لاتجاه الجاذبية الأرضية .

٢ - لزوجة منخفضة لتقليل مقاومة الشبكة المعدنية لمرور السائل .

٣ - طاقة عالية للتبخير (حرارة كامنة) لتقليل النقص في الضغط الشعري داخل الشبكة المعدنية .

٤ - درجة ترطيب وتبليل عالية لضمان ترطيب النسيج المعدني في كل الأوقات .

٥ - درجة توصيل عالية للحرارة لتقليل الفرق في درجات الحرارة في الاتجاه القطري للأنبوب.

٦ - ضغط بخاري أعلى من المتوسط لمنع حدوث غليان على السطح الداخلي للأنبوب لأن الضغط البخاري المنخفض يعني أن هناك انخفاض في كثافة البخار المتجه إلى الطرف الآخر (الطرف البارد) من الأنبوب.

٧ - عدم التأثير الكيميائي للمائع على مادة الأنبوب أو النسيج المعدني منعاً لتآكله.

٨ - ذو كثافة نوعية عالية من أجل استخدام أنابيب صغيرة الحجم .

٩ - رخيص الثمن وذلك خفضاً للتكلفة .

● النسيج المعدني

يصنع النسيج المعدني (Metallic wick) من مادة واحدة أو عدة مواد ، ويكون على هيئة شبكة فلزية أو نسيج مضلع من معادن الفولاذ أو النيكل أو النحاس أو الألومنيوم . ويمكن تصنيعه كذلك من اللباد الفلزي أو الرغوة الفلزية أو الفلزات الليفية أو المسحوق الفلزي المعالج ، ويوضح شكل (٢) أنواع مختلفة من النسيج المعدني المستخدمة . وتتلخص وظيفة النسيج المعدني في الأنابيب الحرارية فيما يلي :

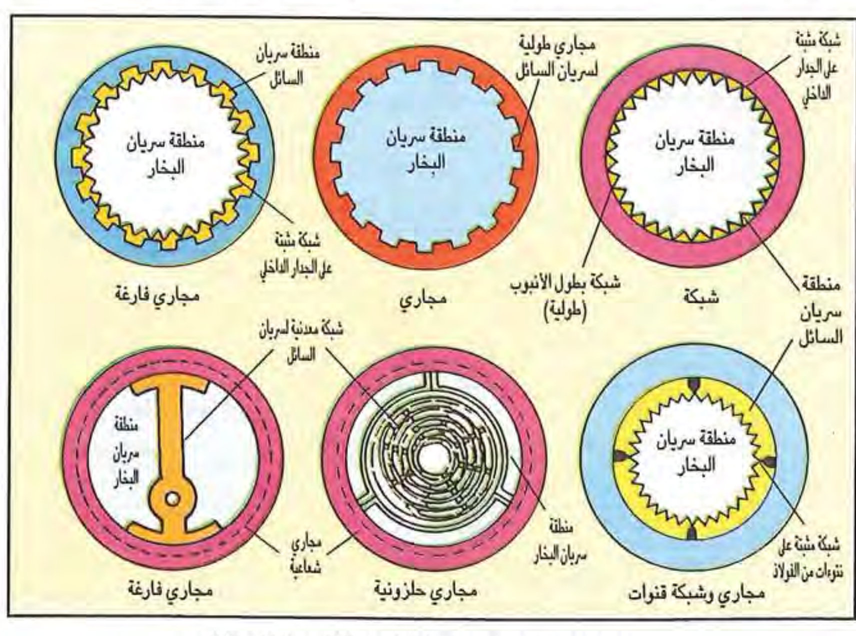
- توفير القنوات المناسبة لسريان السائل المتكثف من المكثف إلى المبخر.
- توفير توتر سطحي على سطح التداخل بين السائل و البخار لتوليد الضغط الشعري الذي يعمل على سحب السائل داخل النسيج .
- توفير وسط لانتقال الحرارة بين السطح الداخلي للأنبوب وسطح تداخل السائل والبخار .

● الأنبوب الخارجي

تنحصر المهمة الأساس للأنبوب الخارجي في عزل مائع التشغيل عن الوسط المحيط ، ويفضل أن يتميز الأنبوب الخارجي بما يلي : -

- معدل عال للمقاومة الميكانيكية إلى الوزن.
- سهولة التصنيع .
- توصيلية حرارية عالية .
- قابلية عالية للترطب والتبلل .
- رخص الثمن .

يعد النحاس من أفضل المعادن لتصنيع الأنبوب الخارجي نظراً لوفرته ولذا فانه يستخدم في التطبيقات العادية ، كذلك يستعمل الألومنيوم في الأنابيب الحرارية المستخدمة في الفضاء الخارجي وذلك لخفة وزنه ، ويمكن استخدام الفولاذ في تطبيقات درجات الحرارة العالية (عندما يكون مائع التشغيل من معدن منصهر كالصوديوم مثلاً).



● شكل (٢) مقاطع مختلفة لأنواع الأنسجة المعدنية.

هنـاك أنـواع متعـددة من الأنـابيب الخارجية المستخـدمة في الأنـابيب الحرارية ، وهي تختلف باختـلاف مائع التشغيل والمواد الداخلة في التصنيع ومجال التطبيق ويوضح جـدول (١) بعض الخصـائص التشغيليـة لنماذج من الأنـابيب الخارجيـة المستخدمـة وذلك حسب نوع مائع التشغيل المستخدم .

تصنيع الأنابيب الحرارية

تُصَّنع معظم الأنـابيب الحراريـة تحت ظروف قياسية بـاستخدام مضخات تفريغ وطرق لحام خاصـة ، كما أنه يمكن تصنيع أنابيب حرارية غير معقدة بالطريقة التالية :

- يؤخذ أنبـوب نحاسـي بقطـر ١,٢٧سـم (نصف بـوصة) وبطول متر واحـد ثم تُقفل إحدى نهايتيه باللحام .
- تُصنع الشبكـة المعدنية باستخـدام شبكة معدنيـة عيار ١٠٠ (100-Mesh) من سبيكة البرونز الفوسفـوري بعرض يساوي المحيط الداخلي للأنبوب النحاسي
- تُسخن الشبكة المعـدنية والأنبوب النحاسي داخل فـرن حتى تتكـون طبقـة رقيقـة من الأكسيـد عليها ، وذلـك بغرض تمكين مـائع التشغيل من تبليل (ترطيب) الشبكة المعدنية والسطح الداخلي للأنبوب .
- تُـدخل الشبكة المعدنيـة داخـــل الأنبوب ثم يُلحم صمـام فـي النهايـــة المفتوحـــة مـن الأنبـوب .
- تُسكب كميـة من الماء داخل الأنبوب تكفي لملء خمس الأنبـوب ، ثم تـوضـع النهـايـة السفلى لـلأنبـوب على اللهب حتى يغلي الماء مـــع الإبقـاء على الصـمام في الجهـة العليـا مفتوحـاً .
- بعد مرور بعـض الوقـت على بـدء الغليان يُقفل الصمام ويبعـد الأنبــوب عن اللهـــب حتى يبرد .
- تُجـرَّب فاعليـة الأنبــوب بغمـس إحـدى نهايتيـه فـــي ماء يغلي ويُحسـب الوقــت الذي تستغرقـه الحـــرارة حتى تنتقـــل إلى النهايـة الأخـرى .

تطبيقات الأنابيب الحرارية

ماتـزال الدراسـات المتعلقة بـاستخدام الأنـابيب الحراريـة في التطبيقـات المختلفـة الفضائية والأرضيـة مستمرة وذلك لتغطية مجالات حـراريـة واسعة لعمليـات انتقـال الحرارة . وبـوجـه عـــام يمكن حصر هـذه التطبيقات في التالي :-

- عـزل جانب المصـدر الحراري عن الجانب المستفيد.
- تعديـــل الاختلافات في درجـة الحـرارة في وسط معين .
- نقل الطاقة الحرارية .
- التحكم في درجة الحرارة .
- تحديد سريان الحرارة في اتجاه واحد.

ينحصر استخـدام الأنـابيب الحراريـة بـوجـه عـام في نطـاق ضيق نسبيـاً ـــ حيث تستخـدم في تطبيقـات الطاقـة الشمسيـة ـ ولكنها وجدت مجالاً واسعاً للتطبيق في مجال المحافظة على الطاقة واستغـلال طاقة العوادم الضـائعة . ومن أمثلـة ذلك تستخدم الأنابيب الحرارية في المبادلات الحرارية الغازية (غاز ـ غـاز) وذلك بـوضع المبخر في طـريق الغـاز السـاخن والمكثـف في طـريق الغـاز المراد تسخينه ، وفي مجال تكييف الهواء وكـذلك في التحـويـلات الصنـاعيـة المختلفـة كتجفيف الخشب والطلاء وزيادة صـلابة البلاستيك ، وفي أفـران النسيج والـزجـاج وكـذلك في العمليات الكيميائية .

تطبيقات الطاقة الشمسية

يمكـن استخـدام الأنابيـــب الحراريـة في مجال تطبيقـات الطاقـــة الشمسيـة على النحو التالي :ـ

* **السخـانـات الشمسيـة :** وذلك لتـلافي القصور الذي ينجم عن استخـدام السخانات الشمسية التقليـدية والتي تكون فيهـا أنابيب الماء ملتصقة بالسطح الماص ، وفي هذه الحالة يمر الماء طبعياً أو قسرياً (باستخدام مضخة) ليحمل الحرارة من السطـح الماص إلى وعـــاء التخزين . ويـؤخذ على السخـانات التقليـدية بعض العيوب التي تنحصر فيما يلي :ـ

- استهلاك المضخة للطاقة في حالة السريان القسري .
- الحاجـة إلى مساحـة كبيرة لوضـع وحدة التسخين ووحدة التخزين في حـالة السريان الطبيعي .
- إنعكاس اتجـاه السريـــان في السخان ليلاً مما يعني فقد كميـات من الحرارة المكتسبة خلال النهار.
- تجمد الماء داخل السخان في الليالي الباردة الأمر الذي يعرض السخان إلى التلف .

مائع التشغيل	معدن الأنبوب الخارجي	مجال درجات الحرارة (٥م)	التدفق الحراري في الاتجاه الطولي (وات / سم٢)	التدفق الحراري في الاتجاه القطري (وات / سم٢)
فريون	فـولاذ ، نيكـل ، نحـاس ، سبائك النحا س ، المنيوم ، سبائك ألمنيوم.	ـ٧٠ إلى ١٤٠	—	—
ميثانول	فـولاذ، نيكـل، نحـاس، سبائك النحاس .	ـ ٤٠ إلى ١٥٠	٠,٤٥ عند ١٠٠م	٧٥,٥عند١٠٠°م
نشادر	فـولاذ، نيكـل ، ألمونيـوم ، سبائك ، الألمونيوم .	ـ ٦٠ إلى ٥٠	—	—
ماء	تيتانيوم ، نيكل ، نحاس، سبائك النحاس .	٧ إلى ٢٣٠	٠,٦٧عند ٢٠٠°م	١٤٦عند١٧٠°م
زئبق	فولاذ .	٨٠ إلى ٥٧٠	٢٥,١عند٢٦٠°م	١٨١ عند ٢٦٠°م
بوتاسيوم	فولاذ ، نيكل .	٤٠٠ إلى ٨٠٠	٥,٦ عند ٧٥٠°م	١٨١ عند ٧٥٠°م
صوديوم	فولاذ ، نيكل .	٥٠٠ إلى ٩٠٠	٩,٣ عند ٨٥٠°م	٢٢٤ عند ٧٦٠°م
ليثيوم	فولاذ .	١٣٠٠إلى١٦٠٠	—	١١٥ عند ١٥٠٠°م

● جـدول (١) بعض الخصائص التشغيلية النموذجية للأنابيب الحرارية .

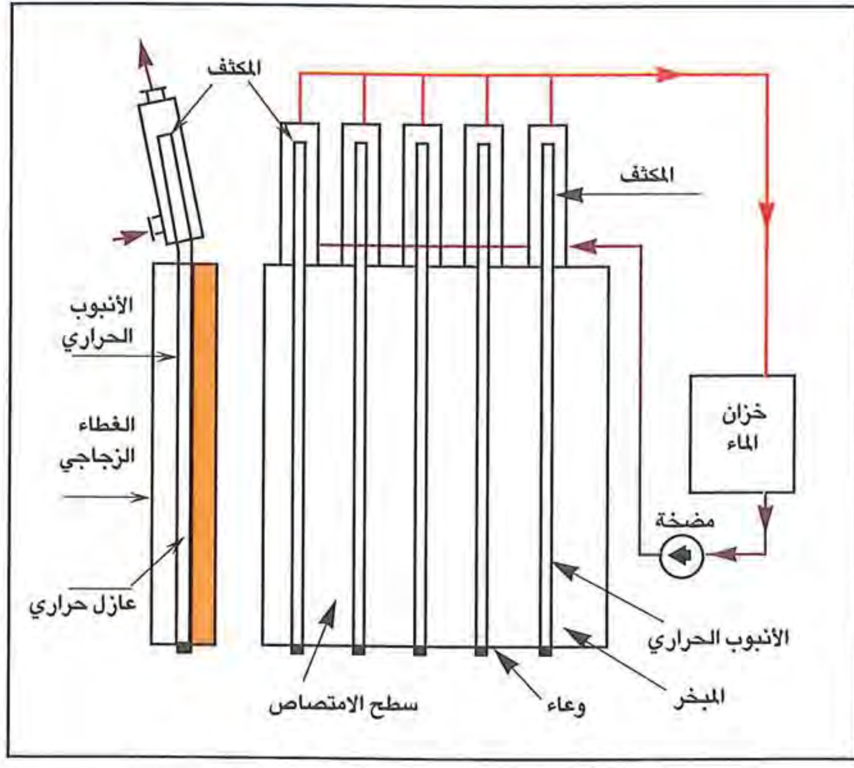
ـ تآكل المواد المستخدمة في السخان والخزان وأنابيب التوصيل لملامستها للماء .

ـ الارتفاع العالي لدرجة حرارة السخان خلال أيام الصيف .

يمكن التغلب على معظم العيوب المذكورة باستخدام الأنابيب الحرارية في السخانات بدلاً عن أنابيب التسخين ، فمثلا يعمل الأنبوب الحراري كموحد لاتجاه سريان الحرارة باتجاه واحد فقط عند إمالته بزاوية بسيطة ، أي أنه يمكن تلافي مشكلة التبريد خلال الليل باستخدام هذه التقنية .

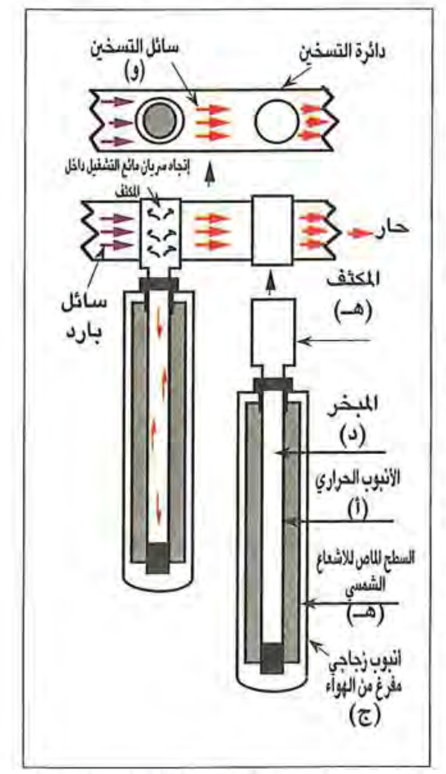
إضافة لذلك ، وبسبب أن الأنبوب الحراري يعتمد على الطاقة الحرارية الكامنة، فان معدل سريان الطاقة المنتقلة عبره يمكن التحكم فيها وذلك لأنها لن تزيد بأي حال من الأحوال عن الطاقة اللازمة لتحويل المائع الموجود في الأنبوب من الحالة الغازية (الطرف الحار) إلى الحالة السائلة (الطرف البارد) وذلك يعني أن انتقال الحرارة سيتوقف عندما تبلغ درجة حرارة المكثف لدرجة غليان المائع . وكمثال لذلك عند استخدام الفريون ١٣٠١ (درجة غليانه ٦٨° م) كمائع فان درجة حرارة المكثف لن تصل إلى ٦٨° م حتى لو بلغت درجة حرارة المبخر أضعاف تلك الدرجة من الحرارة ، وبذلك فان استخدام الأنابيب الحرارية في السخانات الشمسية سيلغي مشكلة التسخين الزائد التي تحدث للسخانات التقليدية خلال فصل الصيف .

تأتي السخانات الشمسية ذات الأنابيب الحرارية في نوعين، فهي إما من النوع المستوي التقليدي وأما من النوع ذي الأنابيب الزجاجية المفرغة . يوضح شكل (٣) سخان شمسي مستو يعمل بالأنابيب الحرارية ، وهو يحتوي على سطح امتصاص من الألمنيوم وبه أنبوب حراري من النحاس يبرد المكثف فيه بالماء المار في دائرة مغلقة بين المكثفات والخزان . ويعد سطح الامتصاص قلب السخان الشمسي ويقوم بتحويل الموجات الكهرومغناطيسية الصادرة من الشمس إلى حرارة ليتم انتقالها بوساطة الأنبوب الحراري من سطح الامتصاص إلى دائرة التسخين .



● شكل (٣) سخان شمسي مستو ذو أنابيب حرارية.

أما في السخان ذي الأنابيب الزجاجية المفرغة المبينة في الشكل (٤) فإن الأنبوب الحراري (أ) الملتصق بالسطح الماص (ب) يركب داخل أنابيب زجاجية (ج) مفرغة من



● شكل (٤) مبدأ عمل السخانات الشمسية ذات الأنابيب الزجاجية.

الهواء (ضغط تفريغ = ١٠-٥ ملي بارا) وذلك للحصول على درجة حرارة عالية من السخان في الأيام ذات درجة الحرارة المنخفضة (الأقل من الصفر) لأن الفقد الحراري بطريقة الحمل من السخان يقل بزيادة التفريغ في الأنابيب الزجاجية .

يقوم الأنبوب الحراري بنقل الحرارة بسرعة وكفاءة من السطح الماص عبر المبخر (د) ثم مائع التشغيل داخل الأنبوب الحراري (أ) ثم المكثف (هـ) إلى سائل التسخين (و) المار خارج جدران المكثف . يقوم سائل التسخين بنقل الحرارة من المكثف إلى خزان تجميع السائل الحار خلال دورة مغلقة ، أي أن سائل التسخين لا يمر مطلقاً بالسطح الماص للسخان كما هو الحال في السخانات التقليدية ، فاذا حدث مثلاً تلف في أحد أنابيب التسخين فإن دورة التسخين ستستمر .

* **الطباخات الشمسية** : وهي عبارة عن أوعية طهي داخل صندوق معرض لأشعة الشمس التي تعمل على رفع درجة حرارة الإناء إلى الدرجة المناسبة لنوع الطعام . تتعرض الطباخات الشمسية الى فقد الحرارة بوساطة الحمل والتوصيل ولكن

بوساطة استخدام الأنابيب الحرارية يمكن التغلب على مشكلة فقد الحرارة بوضع مبخر الأنبوب الحراري في أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء (ضغط تفريغ إلى ١٠-٥ مللي بار) ، ووصل المكثف بلوح معدني يحمل وعاء الطبخ . ويمكن — والحال هذه — وضع وحدة الطبخ داخل المنزل مما يسهل عملية الطبخ بدرجة كبيرة ويلغي كذلك مشكلة فقد الحرارة من وعاء الطبخ بتأثير الرياح.

* **الأحواض الشمسية:** وهي عبارة عن برك مياه ذات ملوحة متدرجة تزداد من السطح إلى القاع ، وتتراوح مساحتها بين عدة مئات إلى عشرات الآلاف من الأمتار المربعة ويصل عمقها إلى بضعة أمتار .

وتستخدم الأنابيب الحرارية في هذه البرك لنقل الحرارة من قاع البركة (درجة حرارة عالية) إلى السطح حيث تكون درجة الحرارة منخفضة وذلك بكفاءة عالية دون الحاجة إلى أنظمة الضخ المكلفة والمعقدة .

* **الخلايا الكهروضوئية :** وهي عبارة عن أداة الكترونية مصنوعة من أشباه موصلات تعمل على تحويل الطاقة الضوئية المنبعثة من الشمس إلى كهرباء . تعمل الأشعة الشمسية الساقطة على رفع درجة حرارة الخلايا الكهروضوئية مما يجعلها تفقد كفاءتها التشغيلية ، وعليه تهدف تقنية الأنابيب الحرارية إلى رفع كفاءة تشغيل الخلايا عن طريق تبريدها ، وقد أمكن بالفعل ربط منظومة الخلايا الكهروضوئية بوحدات أنابيب حرارية تعمل على خفض حرارة تلك الخلايا وبالتالي رفع كفاءتها إلى ٣٠٪ .

● تخزين الطاقة الشمسية

تستخدم الأنابيب الحرارية أيضاً في مجال تخزين الطاقة الشمسية بالاستعانة بمواد ذات خصائص فيزيائية خاصة (قابلة للتحول من حالة المادة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة حرارة التشغيل باكتساب أو فقد كمية من الحرارة وتسمى بالحرارة الكامنة للانصهار) ، ويبين الشكل (٥) مخططاً لوحدة نقل وتخزين الطاقة الشمسية تحتوي على أنبوب حراري به زعانف معدنية ذات توصيلية حرارية عالية، ويقع هذا الأنبوب داخل حاوية معدنية لها نفس طول الأنبوب ومقسمة إلى ثلاثة أجزاء (فراغات) هي :-

* **المصدر الحراري (الحيز - أ):** وهو حيز مرور السائل المسخن في السخان الشمسي.

* **حيز التخزين (الحيز - ب):** وتوجد به الزعانف المعدنية والمادة القابلة للانصهار في الفراغ بين الزعانف .

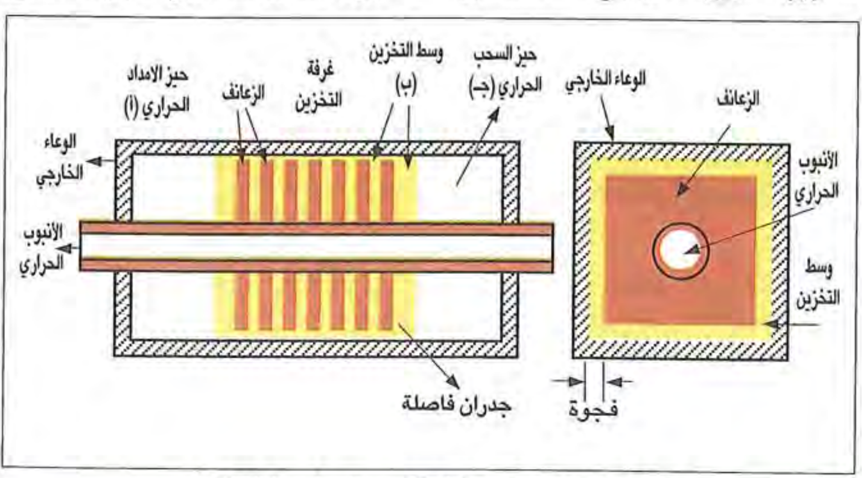
* **حيز استهلاك الحرارة أو مرور سائل التسخين (الحيز - جـ):** ويستخدم لتسخين ماء المنزل أو للتدفئة.

وتتلخص طريقة التخزين فيما يلي : -

- مرور السائل الساخن في النهار قادماً من السخان الشمسي بالحيز(أ) .
- انتقال الحرارة عبر الأنبوب الحراري إلى الحيز (ب) والحيز (ج) فإذا كان الحيز (ج) بارداً (أي يمر به سائل التسخين أو التدفئة البارد) فإن معظم الحرارة المارة عبر الأنبوب الحراري ستنتقل إلى الحيز (ج) الذي سيعمل كمكثف . أما عندما لا يكون هناك حمل تدفئة أو تسخين فسترتفع درجة الحرارة في الحيز (ج)ومن ثم يتوقف عمله وبذلك يصبح الحيز (ب) هو المكثف فتنتقل الحرارة إلى الزعانف ومن ثم إلى المادة الصلبة لتتحول بدورها إلى الحالة السائلة .
- في أثناء الليل يتوقف المصدر الحراري في الحيز (أ) ويعمل الحيز (ب) كمبخر فتنتقل الحرارة من المادة المنصهرة بين الزعانف إلى الحيز (ج) عن طريق الأنبوب الحراري حيث يتم تسخين وسيط التسخين.

يساعد استخدام الأنابيب الحرارية في تخزين الطاقة الشمسية على تحسين تشغيل نظم الطاقة المستعملة ، ومن أهم الفوائد في هذا المجال مايلي :

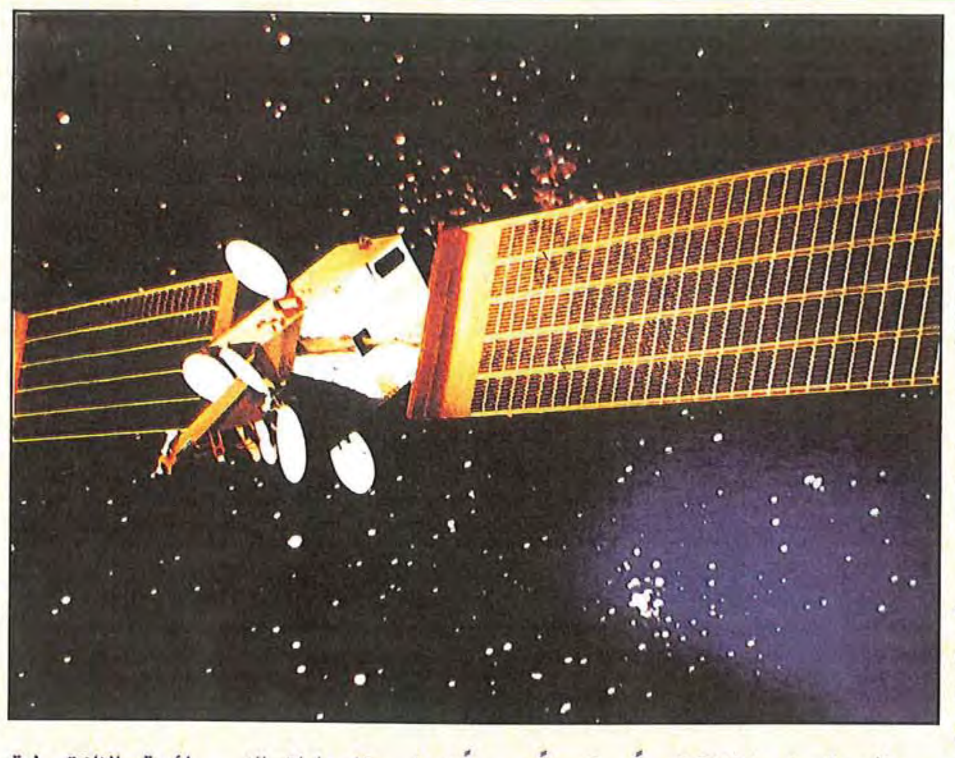
- عدم الحاجة إلى تركيب مبادلات حرارية بين المصدر الحراري (السخان الشمسي) ووسيط التخزين ، وبين وسيط التخزين ووسيط التدفئة والتسخين.
- المرونة في اختيار وسيط التخزين والتدفئة (الماء أو الهواء) لسهولة تغيير طول المكثف (الحيز ج) .
- الحصول على عملية انتقال حرارة من وسيط التخزين إلى وسيط نقل الحرارة عند درجات حرارة ثابتة .
- الإقلال من تسرب الحرارة إلى وسيط التخزين عند الحاجة إلى كميات كبيرة من الحرارة في حيز التسخين (الحيز ج) خلال النهار .
- يعمل الأنبوب الحراري كموحد لاتجاه سريان الحرارة عند تركيبه بزاوية ميل بسيطة بالنسبة للمستوى الأفقي .



● شكل (٥) نموذج لإستخدام الأنبوب الحراري في التخزين.

تطبيقات الطاقة الشمسية في الفضاء

د. أسامة أحمد العاني

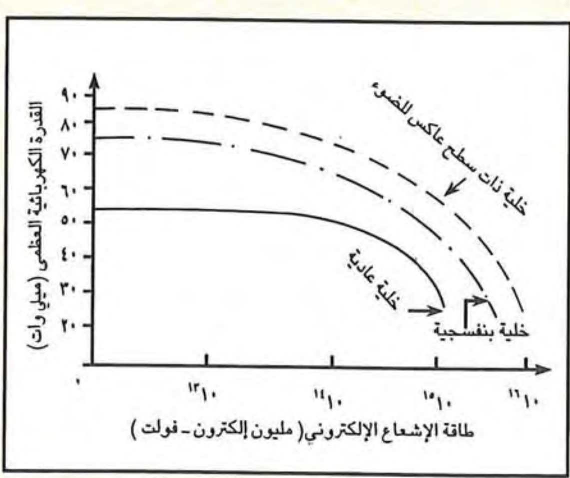


يرجع أول استخدام للطاقة الشمسية في الفضاء إلى ١٧ مارس عام ١٩٥٨م عندما أطلقت مركبة الفضاء الأمريكية فانجارد ـ١ (Vanguard-1) قمراً صناعياً يحمل على ظهره ـ لأول مرة ـ خلايا كهروضوئية للحصول على الطاقة اللازمة (٥ ميلي وات) لجهاز الإرسال. تلا ذلك قيام الاتحاد السوفيتي السابق في مايو من نفس العام بإطلاق قمراً صناعياً جديداً تعمل معظم داراته الكهربائية والإلكترونية بالخلايا الكهروضوئية. وبدءاً من عام ١٩٥٩م أصبحت معظم الرحلات الفضائية تعتمد على الخلايا الكهروضوئية كمصدر رئيس للطاقة. وتشير الإحصائيات أنه في خلال الثمانينات من هذا القرن تم إطلاق أكثر من ألفين قمراً صناعياً بقدرات كهربائية مستمدة من الخلايا الكهروضوئية وصل بعضها إلى ٢٠ كيلووات. وتفيد الدراسات الأولية أن النجاحات المستقبلية المتوقعة لبناء محطات طاقة شمسية فضائية قد تغير الكثير من مفاهيم الطاقة ومستقبلها حيث يتوقع لها إنتاج طاقة كهربائية تصل إلى آلاف الميجاوات. ومن ناحية أخرى رافق تطور الخلايا الكهروضوئية الفضائية طرقاً أخرى لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية أهمها المحركات الحرارية، والمولدات الكهروحرارية، والمولدات الأيونية الحرارية التي تعمل حتى خلال فترات الظلام بمساعدة بطاريات كهروضوئية أو خلايا وقود.

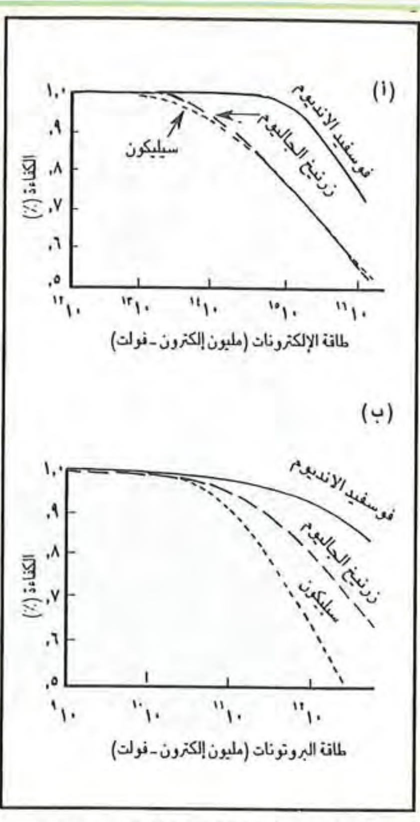


تقوم مراكز الأبحاث بتطوير تقنية وتصنيع الخلايا الكهروضوئية في مجال التطبيقات الفضائية (علوم اتصالات، وأرصاد جوية، وفلك ..) للحصول على أعلى كفاءة وأفضل مقاومة تحمّل للخلايا ضد تأثير الأشعة الكونية ـ إشعاعات مختلفة عالية الطاقة تصل إلى عدة عشرات الميجا أو الجيجا الكترون فولت ـ التي تؤثر على بنية الخلايا الكهروضوئية، إضافة إلى أن التعرض المستمر لهذه الإشعاعات يؤدي إلى تشوهات بلورية داخل الخلايا مسبباً انخفاض فعاليتها وكفاءتها.

وقد تم إجراء عدة دراسات معملية لمعرفة تأثير الأشعة الكونية على القدرة الكهربائية لأنواع مختلفة من الخلايا الكهروضوئية. وعلى سبيل المثال يوضح الشكل (١)، تغير القدرة الكهربائية العظمى (Pmax.) لثلاث خلايا كهروضوئية (خلية عادية بقدرة ٥٤ ميجاوات، وخلية بنفسجية بقدرة ٧٤ ميلي وات ـ عبارة عن خلية متجاوبة مع الأطوال الموجية القصيرة ـ ، وخلية عادية أضيف لها سطح عاكس للضوء لمقاومة تأثير الأشعة الكونية بقدرة ٨٣ ميلي وات) أثناء تعرضها لمستويات مختلفة من طاقة الإشعاع الكوني



●شكل (١) العلاقة بين القدرة الكهربائية العظمى وطاقة الإشعاع.



● شكل (٢) العلاقة بين كفاءة (٪) خلايا كهروضوئية وطاقة الإلكترونات والبروتونات.

الإلكتروني باستخدام تقنية رجم الخلية بجسيمات عالية الطاقة بمساعدة مسرعات الكترونية . ويلاحظ من الشكل أن قدرة الخلايا لاتنقص عند التعرض للأشعة الكونية العادية التي تتراوح شدتها بين $١٠^{٩}$ إلى $١٠^{١٣}$ مليون الكترون فولت ، إلا أنه قد تتعرض لمستويات طاقة أعلى بسبب التأين الشديد للجسيمات الفضائية أو تأثيرات فلكية أخرى مثل الشهب والنيازك تؤدي إلى زيادة تأثير الإشعاع الكوني على الخلايا مسببة نقص كفاءتها بصورة ملحوظة خاصة عندما يفوق مستوى هذا الإشعاع $١٠^{١٤}$ مليون إلكترون فولت، ومثال ذلك عند طاقة إشعاع إلكتروني $١٠^{١٥}$ مليون إلكترون فولت نجد أن القدرة الكهربائية للخلية ذات السطح العاكس للضوء تنخفض من ٨٣ إلى ٥٨ ميلي وات ، وفي الخلية البنفسجية من ٧٤ إلى ٣١ ميلي وات، بينما تنخفض في الخلية العادية من ٥٤ إلى ٣١ ميلي وات . ولذا نجد أن الخلايا الكهروضوئية ذات السطح العاكس هي الأفضل والأعلى قدرة وكفاءة عند تعرضها للأشعة الكونية العادية أو الزائدة مقارنة بالخلايا البنفسجية والعادية.

ولزيادة التأكد من البيانات السابقة أجريت دراسة معملية أخرى تتعلق بتأثير اصطدام الجسيمات المشحونة السالبة والموجبة كل على حدة (الرجم الإلكتروني والبروتوني) باستخدام المسرعات المعروفة على كفاءة خلايا كهروضوئية مختلفة ، شكل (٢أ،ب) ، ويوضح الشكل أن جميع الخلايا تحتفظ بكفاءتها أثناء تعرضها للأشعة الكونية العادية ولكن بزيادة شدة الإشعاعات تقل كفاءة الخلايا بصفة عامة إلا أن خلايا فوسفيد الإنديوم تظل الأعلى كفاءة مقارنة بالخلايا الأخرى. فعلى سبيل المثال في شكل (٢أ)، وعند طاقة الكترونات مقدارها $١٠^{١٥}$ مليون الكترون فولت نجد أن كفاءة خلايا فوسفيد الأنديوم تقدر بحوالي ٩٨٪ ، بينما تقدر كفاءة كل من زرنيخ الجاليوم والسيليكون بحوالي ٧٨٪ من كفاءة هذه الخلايا قبل تعرضها لتأثير الطاقة . وفي الشكل (٢ب) ، وعند طاقة بروتونات مقدارها $١٠^{١٢}$ مليون الكترون فولت نجد أن كفاءة خلايا فوسفيد الإنديوم تقدر بحوالي ٩٤٪ ، بينما تقدر كفاءة كل من خليتي زرنيخ الجاليوم والسيليكون بحوالي ٨٢٪ و٦٤٪ على التوالي من كفاءتها الأساس .

وعلى نطاق أوسع تم إجراء تجارب فضائية مختلفة لدراسة تأثير الأشعة الكونية على كفاءة تشغيل أنواع مختلفة من خلايا كهروضوئية ذات بنى مختلفة وخصائص فيزيائية محددة . ويوضح الجدول (١) مقارنة بين النسبة المئوية لكفاءة أربعة أنواع مختلفة من خلايا كهروضوئية ـ تستخدم بكثرة في التطبيقات الفضائية ـ هي السيليكون ، وزرنيخ الجاليوم، وفوسفيد الإنديوم (١) و(٢) وذلك عند بداية ونهاية تشغيلها في الفضاء وتعرضها للأشعة الكونية ($١٠^{٩}$ ـ $١٠^{١٣}$ مليون الكترون فولت)لمدة عشر سنوات .

ويلاحظ من الجدول زيادة كفاءة خلايا فوسفيد الإنديوم(٢) الرقيقة (١٥٠ ميكرون) ـ مقارنة بأنواع الخلايا الأخرى ـ في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية سواء في بداية التشغيل (١٨٪) أو نهايته (١٦,٩٪) . ويرجع ذلك بصفة أساس إلى العلاقة المباشرة بين الطاقة الكهربائية المنتجة من هذه الخلايا وبين كتلة الخلايا وملحقاتها كما هو موضح في الجدول (٢) الذي يبين مقارنة بين الطاقة/الكتلة (وات/كيلو جرام) المنتجة في بداية التشغيل ونهايته لثلاث خلايا كهروضوئية هي السيليكون ، وفوسفيد الإنديوم بنوعيه (١) و (٢) . ويلاحظ من الجدول ارتفاع نسبة الطاقة / الكتلة لخلايا فوسفيد الإنديوم الرقيقة (٢) ــ مقارنة بالخلايا الأخرى ـ حيث تتراوح هذه النسبة بين ٦٩,٩ إلى ٦٠,٠٤ وات / كيلو جرام في بداية التشغيل ونهايته على التوالي، ولذا تعد خلايا فوسفيد الإنديوم هي أفضل أنواع الخلايا الكهروضوئية في التطبيقات الفضائية وذلك لقدرتها على مقاومة تأثير الأشعة الكونية العادية عند التعرض لها ، إلا أنه ينبغي السير قدماً في تطوير تقنية هذه الخلايا حتى تتحمل تأثير الأشعة الكونية ذات الطاقة العالية.

الخواص / نوع الخلية	المساحة (سم٢)	سمك الخلية (ميكرون)	جهد الخلية (فولت)	كثافة التيار (ميلي أمبير/سم٢)	الكفاءة (٪) خلال ١٠ سنوات	
					بداية التشغيل	نهاية التشغيل
السيليكون	١٢	١٨٠	,٥٤٣	٣٤,٧	١١,٠	٩,٢
زرنيخ الجاليوم	٨	٣٠٠	١,٠١	٢٨,٥	١٦,٥	١٢,٩
فوسفيد الإنديوم(١)	٤	٣٠٠	٠,٨٠	٣٢,٠	١٥,٠	١٤,١
فوسفيد الإنديوم(٢)	٨	١٥٠	٠,٨٥	٣٣,٥	١٨,٠	١٦,٩

● جدول (١) مقارنة كفاءة (٪) خلايا كهروضوئية مختلفة في بداية ونهاية تشغيلها في الفضاء.

الخليـــة	مساحة المنطقة الفعالة (سم٢)		عدد الخلايا		كتلة الخلايا (كيلو جرام)		كتلة المجموعة (كيلو جرام)		الكتلة الإجمالية (كيلوجرام)		الطاقة / الكتلة (وات / كيلوجرام)	
	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)	(أ)	(ب)
سيليكون	١٢,٢٩	١٢,٠٧	١٠٣٠٤	١٠٠٨٣	٨,٢٠	٨,٠٥	٢٤,٤٦	٢٤,٠١	٣٣,٢٨	٣٢,٦٧	٤٥,٧٨	٣٤,٩٦
فوسفيد الإنديوم (١)	٩,٣	٨,١٧	٢٣,٣٨٠	٢٠٤٤٨	١٣,٣٤	١١,٧١	١٨,٥١	١٦,٢٥	٣٣,٢٥	٢٩,١٩	٤٥,٨٢	٣٩,١٢
فوسفيد الإنديوم (٢)	٧,٨٤	٦,٤٨	٩٨٢٨	٨٥٨٠	٥,٦٢	٤,٩٠	١٥,٥٩	١٣,٦٠	٢١,٨٠	١٩,٠٣	٦٩,٩٠	٦٠,٠٤

● جدول (٢) مقارنة بين الطاقة / الكتلة الإجمالية لخلايا كهروضوئية فضائية .
(أ) بداية التشغيل (ب) نهاية التشغيل

تبرز ـ عادة ـ مشكلة رئيسة تتعلق بحجم الخلايا الكهروضوئية وكيفية نقلها وملحقاتها الميكانيكية والكهربائية إلى الفضاء عند استخدامها في الحصول على طاقة فضائية مرتفعة مثل القيام برحلات فضائية طويلة الأمد أو بناء منصات أو محطات فضائية . وقد تم التغلب نسبياً على هذه المشكلة عن طريق طي ولف وتخزين وحفظ الخلايا الكهروضوئية بأقل مساحة ممكنة في شكل أسطواني (كالسجادة الملفوفة) ذات مقطع دائري قطره ٢٠ سم لكل ١٥٠٠ وات ، وعند بدء المهمة الفضائية تفتح اللوحات الكهروضوئية بطريقة آلية ذاتية مدعمة بسطح ارتكازي رئيس، ومفاصل معدنية، ومرابط وموصلات حركية، وعناصر هيدروليكية وغيرها لتشكيل المساحة المطلوبة ، وعلى سبيل المثال يبلغ عدد الخلايا الكهروضوئية الداخلية في لوحتين كهروضوئيتين نموذجيتين بمساحة تتراوح بين ٧ إلى ٨ متر مربع حوالي ٣٤,٥٠٠ خلية مثبتة على مواد زجاجية بصورة محكمة ، كما أنها

وحدة المجمع	التكلفة (ألف دولار)
خلايا كهروضوئية	٧٩
مواد وملحقات	٣٧
هيكل ومعدات	٩٥
اختبارات	٧٤
الإجمالي	٢٨٥

● جدول (٣) توزيع التكلفة الإجمالية لمجمع كهروضوئي .

تغطى من أعلى بطبقة زجاجية خاصة لحمايتها أثناء التشغيل والتعرض المستمر للأشعة الكونية .

● تكاليف النظم الفضائية

تتغير تكاليف نظم الخلايا الكهروضوئية الفضائية من نظام لآخر ، وتعتمد بصفة أساس على عدة عوامل أهمها القدرة المطلوبة ، والعمر المداري ، ومساحة وكتلة المجمع الكهروضوئي . وتقاس تكلفة القدرة الكهروضوئية المركبة عند إقامة المجمعات الكهروضوئية بالدولار/وات ، بينما تقاس تكلفة وحدة الطاقة المنتجة بالدولار / كيلووات ساعة . ويوضح جدول (٣) توزيع التكلفة الإجمالية لمجمع خلايا كهروضوئية ذات قدرة ١٠٠٠ وات ، وعمر مداري ٢٥ سنة ، ومساحة مجمع ٧,٥م٢ ، وكتلة ٣٠,٤ كجم .

ومما سبق نجد أن تكلفة وحدة القدرة بلغت ٢٨٥ دولار/وات في حين بلغت تكلفة وحدة الطاقة الكهروضوئية الفضائية ٣,٦١ دولار /كيلووات ساعة.

وعلى الرغم من أن تكلفة إنتاج الكيلووات/ساعة من الطاقة الكهروضوئية الفضائية لازالت مرتفعة إلا أن النجاحات الكبيرة التي حققها التطور في تقنية وتصنيع الخلايا الكهروضوئية على المستويين الأرضي والفضائي أدت إلى انخفاض تكلفة إنتاج وحدة الطاقة الكهروضوئية الفضائية من ١٠٠ دولار (نهاية الخمسينات) إلى أربعة دولارات تقريباً في الوقت الحاضر ، ولازال البحث والتطوير مستمراً .

نظم الطاقة الفضائية

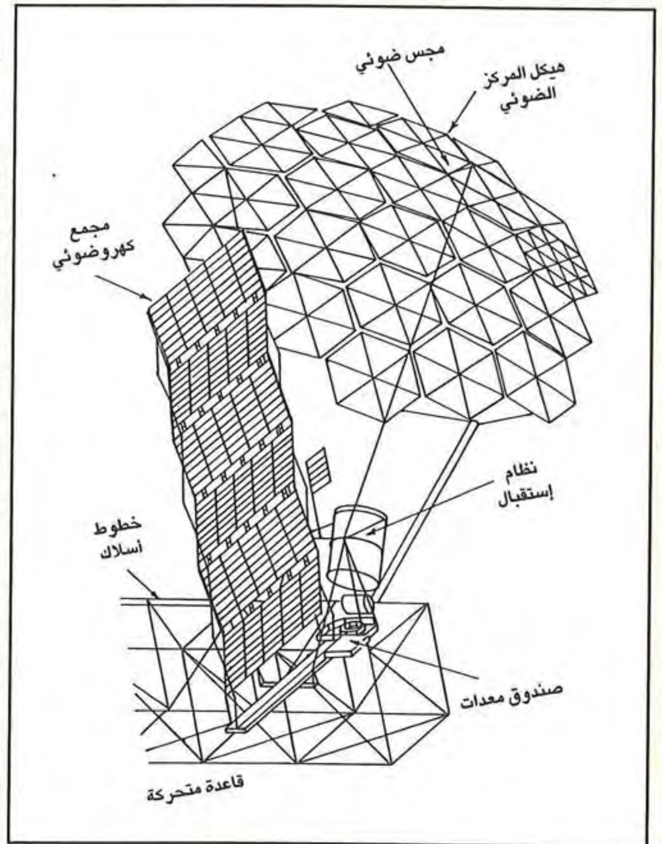
يجب أن تتوفر في نظم الطاقة الشمسية الفضائية بعض العناصر الرئيسة ـ مقارنة بنظم الطاقة الشمسية الأرضية ـ أهمها عدم الحاجة إلى صيانة ، وقلة الوزن ، وآلية خاصة للربط والتشغيل ، ونظام تبريد خاص ، وعدم انخفاض كفاءة التشغيل أثناء التعرض للأشعة الكونية ، وتوجيه المجمع الشمسي مباشرة إلى الشمس . إضافة إلى ذلك يتوقف حجم نظم الطاقة الفضائية على زمن الرحلة الفضائية ، فعلى سبيل المثال عند القيام برحلة فضائية تستغرق أقل من يوم فإنها تحتاج إلى قدرة كهربائية تصميمية تصل إلى واحد كيلووات فقط على أن تكون مدعمة ببعض البطاريات الكهروكيميائية كوسط تخزين ، أما إذا كان زمن الرحلة يستغرق شهراً واحداً فإنها تحتاج إلى مائة كيلووات مع استخدام خلايا وقود كنظام أكثر ملائمة لتخزين الطاقة ، أما في الرحلات الفضائية التي تزيد عن شهرين مثل مهمة جوبيتر (Jupiter) فإنها تتطلب تزويداً مستمراً بالطاقة ، وفي مثل هذه الحالات يلعب وزن الوقود دوراً هاماً في تكاليف الرحلة ، ولذا يمكن استخدام مصادر احتياطية كالمولدات الكهروحرارية ـ النووية للحصول على التشغيل الأمثل لنظام الطاقة الشمسية الفضائية . أما في الرحلات الفضائية التي تحتاج إلى قدرة كهربائية كبيرة فإن الحل النووي قد يكون

البلد / نوع المهمة	أرضية	قمرية	كوكبية	شمسية	الإجمالي
إندونيسا	٢	–	–	–	٢
استراليا	٢	–	–	–	٢
كندا	٨	–	–	–	٨
وكالة الفضاء الأوربية	١٠	–	–	–	١٠
فرنسا	٢٠	–	–	–	٢٠
ألمانيا	٤	–	–	٢	٦
انفلسات (شركة اتصالات)	٢١	–	–	–	٢١
اليابان	١٢	–	–	–	١٢
حلف الناتو	٤	–	–	–	٤
جمهورية الصين الشعبية	٧	–	–	–	٧
بريطانيا	٨	–	–	–	٨
الولايات المتحدة	٧٧٤	٣٦	١٣	٤	٨٢٨
الاتحاد السوفياتي (السابق)	١١٥١	٣٣	٢٧	–	١٢١١
هولندا	١	–	–	–	١
أسبانيا	١	–	–	–	١
إيطاليا	٥	–	–	–	٥
الهند	١	–	–	–	١
الإجمالي	٢٠٢١	٦٩	٤٠	٦	٢١٤٦

● جدول (٤) قائمة لبعض استخدامات نظم الطاقة الشمسية في الفضاء.

الأفضل والأكثر جدوى مقارنة مع نظم الخلايا الكهروضوئية الفضائية ويتوقف ذلك على نوع التطبيق الفضائي (رحلة فضائية استكشافية، إجراء تجارب، توليد طاقة ...).

ويبين الجدول (٤) إحصاءً عاماً لأهم المهمات المدارية التي استخدمت نظم الطاقة الشمسية الفضائية المختلفة - إحصائيات عام ١٩٧٧م، في حين يوضح الشكل (٣) مثالاً نموذجياً لنظام



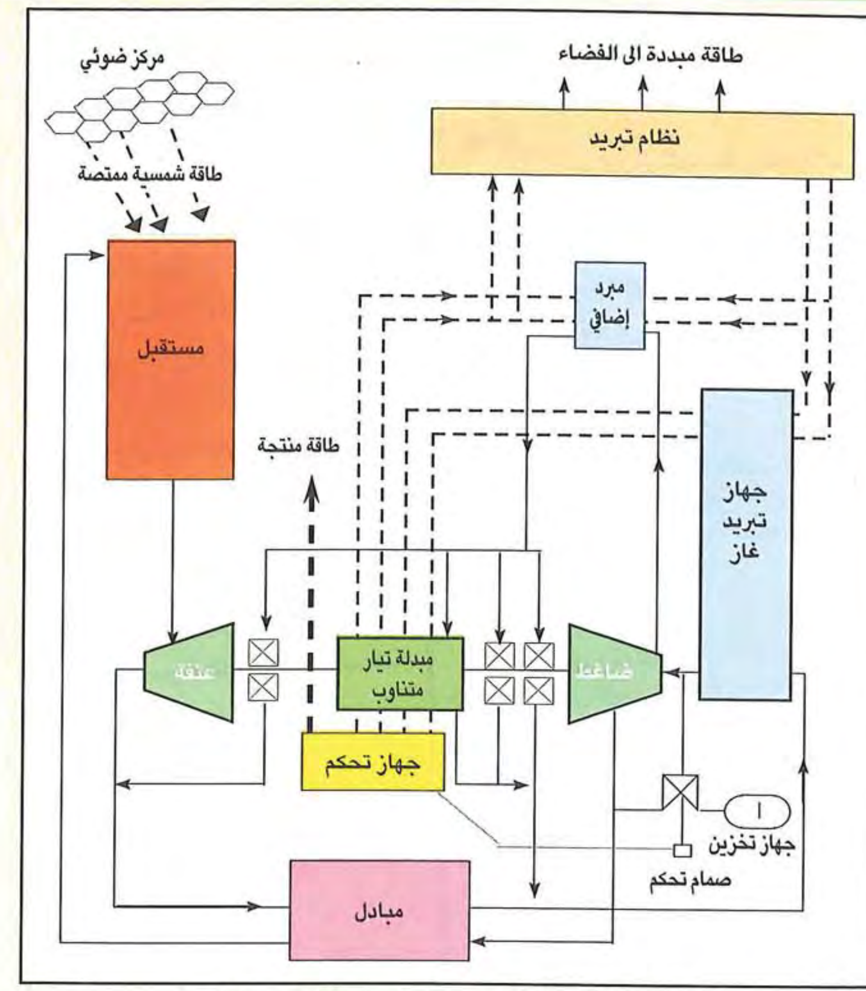
●شكل (٣) نظام طاقة كهروضوئي فضائي مدعم بنظام حراري مساند.

طاقة كهروضوئية فضائية مزوداً بنظام حراري مساند، ويبين الشكل (٤) مخططاً متكاملاً لنظام طاقة كهروضوئية مع جهاز تبريد خاص.

المحطات الشمسية الفضائية

قادت النجاحات الأولية التي تحققت مؤخراً في تطوير نظم الطاقة الشمسية الكهروضوئية الأرضية والفضائية إلى تبني مشروع جديد يهدف إلى إقامة محطات أقمار صناعية للطاقة الشمسية (Satellite Solar Power Station-SSPS)، شكل (٥) للاستفادة منها في تأمين الطاقة الكهربائية الأرضية خاصة في فترات الذروة. وقد توقع علماء الطاقة أن بناء مثل هذه المحطات العملاقة في الفضاء سيكون حلاً مناسباً لمشكلة الطاقة العالمية خاصة في نهاية القرن القادم، حيث أن مثل هذه المحطات ستعمل ليلاً ونهاراً دون الحاجة إلى متطلبات تخزينية معقدة.

وقد ظهرت فكرة محطات الطاقة الشمسية الفضائية بصورة حديثة من خلال إحدى ندوات التنمية والبيئة في مدينة ريودي جانيرو في يونيه ١٩٩٢م، حيث تبين من خلال عدد من الدراسات التحليلية والاقتصادية والاجتماعية والبيئية التي نشرت حول موضوع إقامة محطات شمسية ـ فضائية لتزويد الأرض بالطاقة الكهربائية إمكانية إقامة هذه المحطات من حيث المبدأ إلا أنها تحتاج إلى مزيد من البحث والتطوير خلال العقود القليلة القادمة. وقد ورد حديثاً في إحدى الدراسات النظرية المتعلقة بالموضوع تصميم كامل لنظام محطة فضائية للطاقة الشمسية يتم فيها تحويل الطاقة الشمسية (الإشعاع الكهرومغناطيسي) إلى أمواج كهرومغناطيسية ذات أطوال موجية محددة في رتبة الأمتار

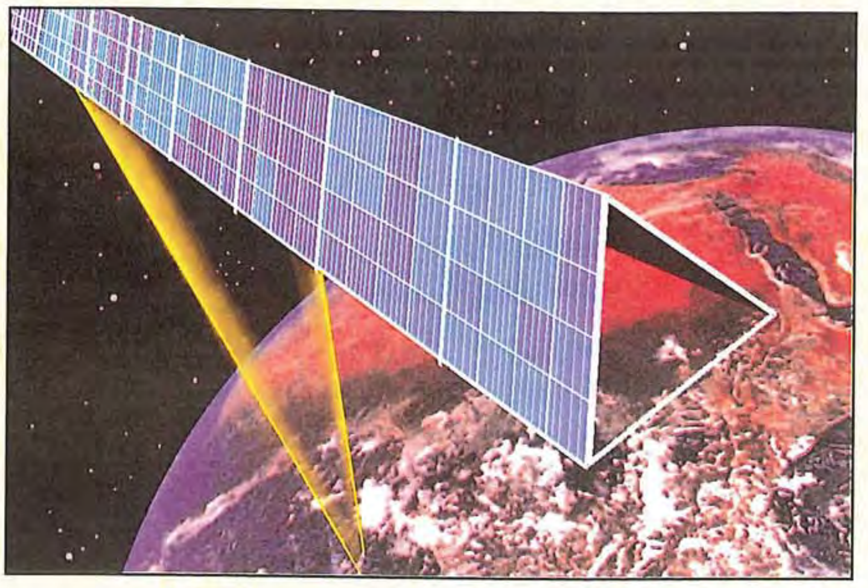


● شكل (٤) نظام طاقة شمسية فضائي مع جهاز تبريد خاص.

أن بناء محطة فضائية للطاقة يحتاج إلى مجمع كهروضوئي ضخم تصل مساحته إلى ١٩,٢×٣,٨٥ كيلومتر مربع يقع في الفضاء على ارتفاع ٣٦ كيلو متر وتحت درجة حرارة تشغيلية ١٢٥°م ، وسوف يقوم هذا المجمع بإرسال طاقة إلى محطة الاستقبال الأرضية بصورة دائمة وغير متقطعة وتزيد كفاءة هذا المجمع بمقدار عشر مرات عن كفاءة مجمع كهروضوئي أرضي مماثل له في الحجم ، هذا ويتطلب بناء هذه المحطة أعمال إنشائية كبيرة يتراوح وزنها بين ٥ إلى ١٠ آلاف طن مع افتراض عمر تشغيلي حوالي ٣٠ عاماً .

وعلى الرغم من وضوح الفكرة الأساس لمحطات تحويل الطاقة الشمسية في الفضاء إلا أنه ما تزال هناك أموراً عديدة وصعوبات تقنية تحتاج إلى مزيد من البحث والتطوير أهمها تطوير نظام نقل القدرة بالطريقة الهوائية (Wireless Power Transmission- WPT) ، ورفع كفاءة الأجهزة المتعلقة بمولدات الأمواج المترية (Microwaves Generators -MWG) وذلك بهدف الحصول على تيار كهربائي (الأمواج المترية ـ Microwaves) بوساطة مرسل الكتروني مزود بهوائي قطره كيلومتر واحد ويقع القمر الصناعي العملاق أو المحطة الفضائية في مدار ملائم قريب من سطح الأرض لبث هذه الأمواج إلى السطح حيث يتم استقبالها بوساطة هوائي قطره ٧ كيلو متر . وقد حسبت ـ نظرياً ـ القدرة المنتجة بهذه الطريقة في حدود عشرة آلاف ميجاوات (تيار متناوب لمدة ٢٤ ساعة متواصلة يومياً) دون حدوث انقطاع لأي أسباب جوية ، هذا وتصل كفاءة التحويل النظرية لمثل هذه المحطات في الوقت الحاضر إلى ٣١٪ ومن المتوقع أن تصل إلى ٦٩٪، وقد عرفت هذه التقنية باسم النقل الكهروفضائي (نقل الكهرباء من الفضاء إلى سطح الأرض).

أشارت دراسة نظرية أخرى صادرة عن وكالة الفضاء الأمريكية ناسا (NASA)



● شكل (٥) محطة طاقة شمسية فضائية بقدرة (١٠ ميجاوات).

مستمر (DC) ويستفاد من ذلك في إمكانية الحصول على الكهرباء في كافة بقاع الأرض دون حاجة إلى تمديد خطوط نقل القدرة للأمواج المترية ، وبالفعل قامت شركة رايثون (Rithon) الأمريكية بتطوير نظام كهربائي لاسلكي في طائرة عمودية عام ١٩٦٤م يعتمد على تقنية نقل الطاقة هوائياً . كما قامت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا(NASA) بتركيب هوائي خاص في مدينة جولد ستون - كليفورنيا وتركيب معدات وأجهزة إرسال حزم الأمواج المترية بتردد ٢,٤٥ جيجا هرتز (تعادل قدرة ٣٠ كيلووات)، وقد انتقلت هذه الأمواج لمسافة قدرها ١,٦ كيلومتراً، وقد تم تحويل طاقة هذه الأمواج مباشرة إلى تيار مستمر بكفاءة تصل إلى ٨٢٪.

وفي عام ١٩٨٧م قامت وزارة الاتصالات الكندية باختبار صغير ومحدود على طائرة مرتفعة جداً ، حيث تم تزويدها بالكهرباء عن بعد بوساطة تقنية الأمواج المترية .

من جهة أخرى بدأ العمل في بحث وتطوير تقنية محطات الطاقة الشمسية الفضائية في بداية الثمانينات من خلال برنامج مكثف تقوم به وزارة الطاقة الأمريكية بالتعاون مع وكالة الفضاء الأمريكية ناسا يتم من خلاله التركيز على دراسة الأمواج المترية والليزرية على اعتبارها تمثل جزءاً من طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي الرئيس . وقد لزم لذلك الأمر التفكير جدياً في إنشاء نظام محطة فضائية بقدرة ٥ ميجاوات (٥ آلاف كيلووات) حيث يتم نقل الطاقة الناتجة عنها عبر الفراغ الجوي إلى سطح الأرض من خلال شبكة متقدمة تعتمد على مبدأ النقل الكهروفضائي .

وبالإضافة إلى ماسبق فقد قامت دول أخرى في أوربا واتحاد الدول المستقلة (روسيا الاتحادية) بمتابعة الموضوع وخاصة في حقل التطبيقات المكنة لتقنية نقل الطاقة هوائياً (WPT) . وقد مثَّل هذه الدول هيئات رسمية كوكالة الفضاء الأوربية وأكاديمية العلوم الروسية وغيرها . ومن آخر المستجدات في هذا الموضوع قيام معهد الطيران والعلوم الفضائية في اليابان بتطوير مولد أمواج مترية بقدرة ٩٠٠ وات ، حيث تم تبادل هذه القدرة بنجاح مع قمر صناعي تم إطلاقه سابقاً ، ومع ذلك لا تتوقع اليابان تشغيل ما يسمى بالمحطات الشمسية الفضائية الضخمة قبل عام ٢٠٤٠م.

وعلى الرغم من التقدم العلمي الأولي في مجال محطات الطاقة الشمسية الفضائية إلا أن هناك صعوبات تقنية ترتبط بآلية تشغيل هذه المحطات أهمها :-

* طبيعة الغلاف الجوي ومدى تأثيره على نقل الأمواج المترية .

* صعوبة تكلفة نقل أجزاء الأمواج المترية ومعدات المحطة الفضائية إلى المدار .

* صعوبة التنسيق المستمر بين القيادتين الأرضية والفضائية .

* صعوبة أعمال التشغيل والصيانة في المدار .

* شروط الأمن والسلامة للتجهيزات والطاقم الفضائي .

وسيساعد بمشيئة الله حل الصعوبات السابقة على إعداد الإجراءات اللازمة لزيادة فعالية العمل خارج المنصات وخارج المركبة الفضائية الأم ، وإنجاز الأعمال الإنشائية المطلوبة بكل حذر في المدار مما سيؤدي بدوره إلى تشغيل المحطة الشمسية الفضائية في صورتها المثلى .

حقائق عن الشمس

● الموقع :

أحد نجوم مجرة درب التبانة وتقع ء بعد ٣٣ ألف سنة ضوئية من مركز المجرة

● الكتلة :

1×10^{26} طن (٣٣٠ ألف مرة من كتلة الأرض

● المسافة من الأرض :

١٥٠ مليون كلم .

● درجة الحرارة :

تبلغ درجة حرارتها ١٥ مليون در مئوية في القلب و ٦ آلاف درجة مئوية السطح (تأتي الحرارة بسبب التفاعـ الإندماجية لغاز الهيدروجين) .

● أشكال الطاقة :

موجات كهرومغناطيسية تخترق ا الكوني لتصل إلى الأرض على شكل حرارة و

● التطبيقات الحرارية :

الأطباق المقعرة ، المركزات الط والأسطح المتصة للحراراة لتسـ - بكفاءة قصوى ٣٥٪ - في سخانات الطباخات الشمسية ، مجففات المحـ والأطعمة ، كهرباء بوساطة المحـ الحرارية المتصلة بالمولدات الكهربائية

● التطبيقات الضوئية :

الخلايا الكهروضوئية - كفاءة ٢٠٪ - تستخدم في الإنارة ، الإتصـ اللاسلكية ، ضخ المياه ، تحلية العلامات المرورية والإرشادية ، المركبات الفضـ

● ميزات الطاقة الشمسية :

عدم النضوب - بمشيئة اللـ وانعدام التلوث ، وسهولة صيانة الأجهزة المستخدمة، وقلة الضوضاء

● المشكلات الحالية :

التكلفة العالية ، ولكن من الـ تنخفض ابتداءاً من عام ٢٠١٠ ا متناول اليد إن شاء الله تعالى .

● الطاقة الشمسية بالمملكة

تملك المملكة معدل إشعاع شـ (٧٥, كيلووات/م٢) ، و بها أكـ عالمي لمادة السيليكون الذي يسـ صناعة الخلايا الكهروضوئية مساحة المملكة كاف لمد العا ١,٥ مرة من احتياجه من الطـ معدلات عام ١٩٩٥) .

إنتاج واستخدامات طاقة الهيدروجين

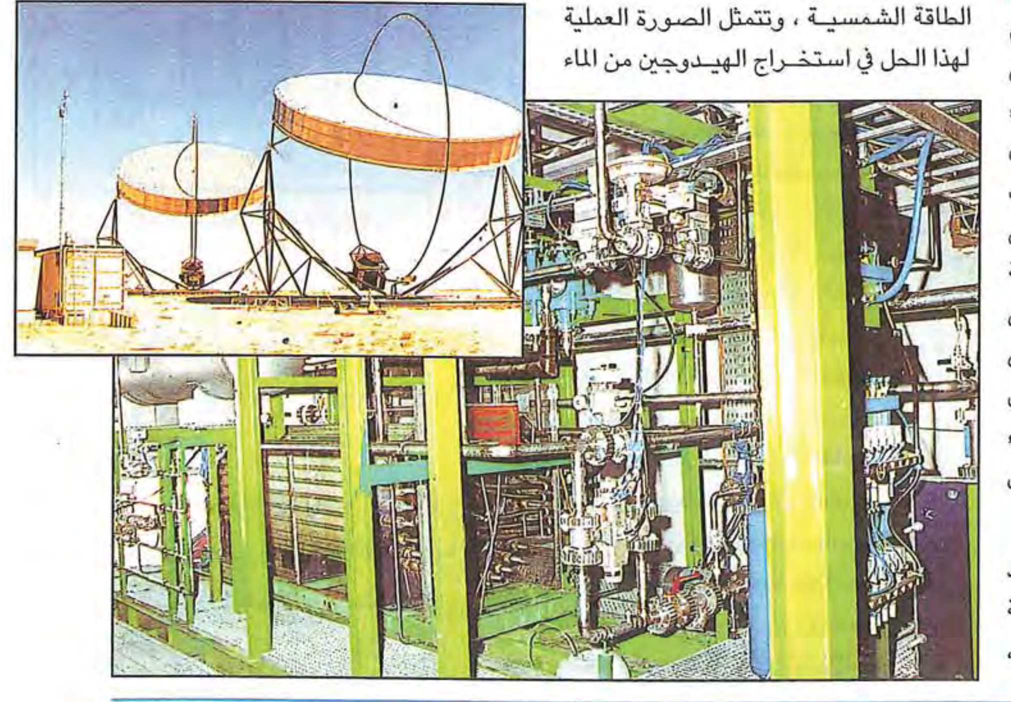
م. يسن الصاعدي / م. مساعد القرني
م. عبد الله البعيز

تشكل مصادر الطاقة التقليدية المستخدمة في الوقت الحاضر ـ النفط والغاز الطبيعي والفحم والأخشاب وغيرها ـ نسبة كبيرة من إجمالي الطاقة المستهلكة عالمياً. وحيث أن تلك المصادر آيلة إلى النضوب فضلاً عن أن لها بعض الآثار السلبية على البيئة فقد اتجهت الأنظار إلى البحث عن مصادر بديلة للطاقة من ضمنها الطاقة الذرية بشقيها الانشطاري والاندماجي، وتشكل الطاقة النووية الانشطارية في الوقت الحالي نسبة تبلغ ١٧٪ من إجمالي إنتاج الطاقة الكهربائية في العالم، أما الطاقة الاندماجية فمازالت في مرحلة البحث. ونظراً لوجود بعض السلبيات المصاحبة لإنتاج الطاقة النووية خاصة الانشطارية فقد اتجه العلماء إلى إنتاج الطاقة الجديدة والمتجددة، وتعد الطاقة الشمسية من أهم المصادر، بل هي الأساس لكل أنواع الطاقة الجديدة والمتجددة. ورغم أن الطاقة الشمسية طاقة هائلة جداً إلا أن المستغل منها حالياً يشكل نسبة ضئيلة، عليه تتجه الجهود إلى تحسين استغلال تلك الطاقة خاصة أثناء ذروة الإشعاع الشمسي، ويعد إنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية ثم استخدامه فيما بعد، كطاقة نظيفة، أهم تلك الجهود التي يركز عليها العلماء في الوقت الحاضر.

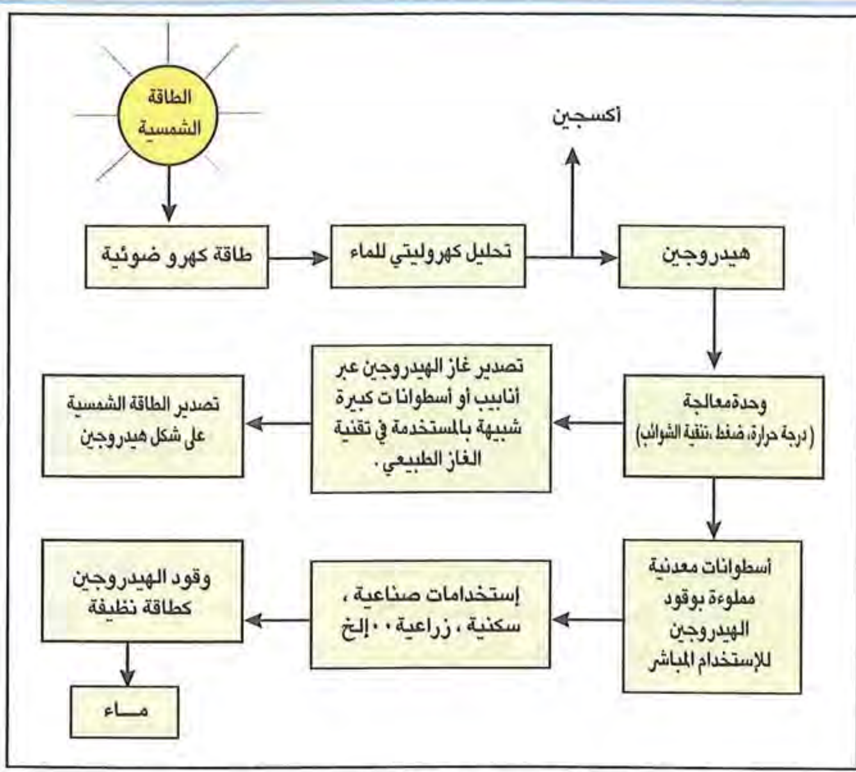
إنتاج الهيدروجين

يعد الهيدروجين أخف العناصر التي تم اكتشافها في هذا الكون الذي أبدعه الخالق جل وعلا، وقد اقترح عدد كبير من الخبراء والباحثين منذ عقود أن يكون الهيدروجين وقود المستقبل، وذلك لأن احتراقه لايتسبب في الغالب في أي ملوثات بيئية، ولكون المحتوى الحراري لاحتراقه يقارب ثلاثة أمثال المحتوى الحراري لنفس الكتلة من الوقود النفطي، بل إن كاتب القصص العلمية المعروف (جول فرن) قد توقع قبل أكثر من قرن اشتقاق الهيدروجين من الماء وتوقع كذلك اتخاذه وقوداً للمستقبل بدل الفحم والأنواع الأخرى للوقود الأحفوري.

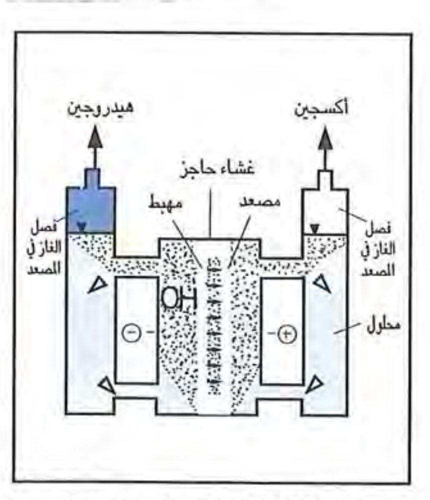
ازدادت أهمية الهيدروجين كوقود للمستقبل بازدياد الاهتمام بالطاقة الشمسية في الربع الأخير من هذا القرن، ونبع الاهتمام بالهيدروجين في هذا المجال كونه يحل حلاً فعالاً مشكلة نقل وتخزين الطاقة الشمسية، وتتمثل الصورة العملية لهذا الحل في استخراج الهيدوجين من الماء عن طريق التحليل الكهربي الناتج من الطاقة الشمسية، ومن ثم تخزين الهيدروجين ونقله من مكان لآخر لاستخدامه عند الحاجة في مختلف التطبيقات، شكل (١).



ترتكز تقنية إنتاج الهيدروجين من الطاقة الشمسية على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية باستخدام نظم الخلايا الكهروضوئية ومن ثم تحليل الماء إلى مكوناته الأساس ـ هيدروجين وأكسجين ـ بواسطة نظم التحليل الكهروكيميائي أي ما يسمى بالمحللات الكهروليتية، وتحتوي المحللات الكهروليتية بشكل عام على سلسلة من الخلايا الكهروكيميائية وتحتوي كل خلية منها على قطبين مسطحين مصنوعين من معادن معينة مثل النيكل، يسمى القطب السالب منها بالمهبط (Cathode)، أما القطب الموجب فيسمى بالمصعد (Anode)، يفصل القطبين غشاء موصل يتميز بخصائص كيميائية محددة مثل عدم تأثره بالوسط المحيط سواء إن كان حمضياً أو قلوياً إضافة لذلك، يوجد



● شكل (١) مخطط مبسط لتقنية طاقة الهيدروجين في المستقبل.



● شكل (٢) خلية تحليل الماء الكهربائي.

الماء في كل خلية كسائل تحليل. ويضاف للماء عادة مادة قلوية مثل هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH) لزيادة كفاءة التحليل الكيميائي.

يوضح الشكل (٢) كيفية عمل المحلل الكهروليتي لتحليل الماء حيث تتضمن العملية التفاعلات الكيميائية التالية :-

التفاعل في المهبط :

$$2H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$$

التفاعل في المصعد :

$$2OH^- \longrightarrow \frac{1}{2}\ O_2 + H_2O + 2e^-$$

التفاعل النهائي :

$$H_2O \longrightarrow H_2 + \frac{1}{2}\ O_2$$

يلاحظ بأنه لدى مرور تيار كهربائي مستمر في خلية المحلل فإن الهيدروجين - يحمل الشحنات الموجبة - يتجمع عند القطب السالب (المهبط) لخلية المحلل الكهربائية ، في حين يتجمع الأكسجين - يحمل الشحنات السالبة - عند القطب الموجب (المصعد) وذلك على شكل فقاعات غازية ، ويفصل الغشاء الحاجز بين غاز الهيدروجين والأكسجين . ويتم فصل كل غاز عن المحلول الناتج في الغرفة الخاصة بفصل الغازات ، ثم يعود سائل المحلول ثانية إلى خلية المحلل لإعادة الدورة مرة أخرى وهكذا ، وبعد الحصول على الهيدروجين يتم تخزينه إما على شكل سائل مضغوط أو على شكل غاز في خزانات أو اسطوانات تحت ضغوط مختلفة حسب نوع الاستخدام أو التطبيق .

إنتاج الهيدروجين بالمملكة

على الرغم من أن المملكة تمتلك إمكانيات هائلة من الطاقة النفطية إلا أن ذلك لم يمنعها من البحث عن مصادر بديلة للطاقة خاصة وأنها تقع في منطقة جغرافية غنية بالطاقة الشمسية . وتعد المملكة رائدة في مجال تقنية الطاقة الشمسية حيث توجد القرية الشمسية بالعيينة قرب مدينة الرياض ، وهي تابعة **لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** ، وتُعد من أشهر المجمعات الكهروضوئية المعروفة دولياً . وتبلغ الطاقة الإنتاجية لهذا المجمع ٣٥٠ كيلوات ، وقد تم ربط هذا المجمع مع محطة إنتاج الهيدروجين التجريبية الواقعة في القرية .

تهدف المحطة التجريبية لإنتاج الهيدروجين - بالقرية الشمسية - إلى تجريب جميع خطوات إنتاجه بالطاقة الشمسية وطرق استخدامه حتى يتم التحقق من صحة التصميم وجودة أداء الأجهزة وستساعد - إن شاء الله - نتائج التشغيل المستمرة في المحطة في تحسين تصاميم مكونات المحطة في المستقبل لإنتاج الهيدروجين وتصنيع أجهزة ومعدات خاصة للاستخدامات المنزلية والصناعية وغيرها .

تمثل المحطة التجريبية لإنتاج الهيدروجين في العيينة نموذجاً لإنشاء محطة ذات قدرات عالية (أكثر من ٣٥٠كيلوات) لإنتاج الهيدروجين ، حيث يمكن للخبرات الفنية المدربة تصميم محطات أكبر لأغراض إنتاج الطاقة في المناطق النائية ، أو تصميم محطة مركزية كبيرة مكونة من مجموعة من المحطات الصغيرة الموزعة تقارب قدرة كل منها قدرة المحطة التجريبية الحالية . كما تمثل المحطة إحدى أوجه التعاون بين دولتين تسعيان على إيجاد السبل الكفيلة للاستفادة من الطاقة الشمسية ، تلك الدولتين هما المملكة العربية السعودية وألمانيا الاتحادية .

تعمل الدولتان تحت مظلة اللجنة السعودية الألمانية المشتركة للتعاون الفني والاقتصادي من خلال برنامج هايسولار (Hysolar) - أخذ من كلمتي Hydrogen و Solar - للاستفادة من الطاقة الكهروضوئية (قدرة ٣٥٠ كيلوات) في إنتاج الهيدروجين بالمحطة التجريبية بالقرية الشمسية.

● برنامج هايسولار

يهدف برنامج هايسولار الذي يتم تنفيذه من خلال التعاون بين المملكة وألمانيا إلى التالي:

- تحديد المتطلبات العلمية والفنية الأساسية والضرورية لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية والاستفادة منه في المستقبل.

- اختيار وتقويم التقنيات المتوفرة، والتي قد تصمم في المستقبل لغرض إنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية.

- وضع أسس لتعاون طويل الأجل في مجال أبحاث الهيدروجين المنتج بالطاقة الشمسية بين المملكة العربية السعودية وجمهورية ألمانيا.

يتكون البرنامج — بدأت المرحلة الأولى منه عام ١٩٨٦م - من ستة برامج فرعية تتعلق بإنتاج وتخزين واستخدام الهيدروجين المنتج، هي كما يلي:

١- تصميم وإنشاء وتشغيل محطة تجريبية لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية بقدرة ٣٥٠ كيلووات من الطاقة الكهروضوئية على أن تكون في موقع القرية الشمسية بالعيينة.

٢- القيام بالاختبارات والأبحاث على أنظمة لإنتاج الهيدروجين بقدرة إجمالية تبلغ ١٠ كيلو وات من الطاقة الكهروضوئية (محطة تجريبية). على أن تكون في مختبرات مؤسسة أبحاث الفضاء الألمانية في مدينة شتوتجارت.

٣- القيام بالاختبارات والأبحاث على نظام لإنتاج الهيدروجين بالطاقة الشمسية بقدرة ٢ كيلووات (محطة بحثية). وذلك في موقع جامعة الملك عبد العزيز بجده.

٤- القيام بأبحاث أساس متعلقة

البند	المواصفات
الطراز (TMET 100)	محلل ماء قلوي يستخدم الطاقة الكهروضوئية
تصميم الخلية	- غشاء رقيق خالٍ من الإسبستوس يعمل عند درجة حرارة ١٠٠°م - لاتوجد مسافة بين الأقطاب.
عدد الخلايا	٨٠خلية موصلة على التوالي يمكن زيادتها عند اللزوم.
جهد التشغيل	٣٠٠ فولت تيار مستمر (D.C)
الضغط	٨ وحدات ضغط جوي
معدل الإنتاج	٤١م٣ / ساعة
الإنتاج السنوي	١٧٠,٠٠٠م٣
العمر التقديري	٢٠ سنة

● جدول (١) مواصفات المحلل المائي الكهربائي بالمحطة التجريبية

بالهيدروجين المنتج بالطاقة الشمسية تقوم به بعض الجامعات السعودية بالاشتراك مع جامعة شتوتجارت الألمانية.

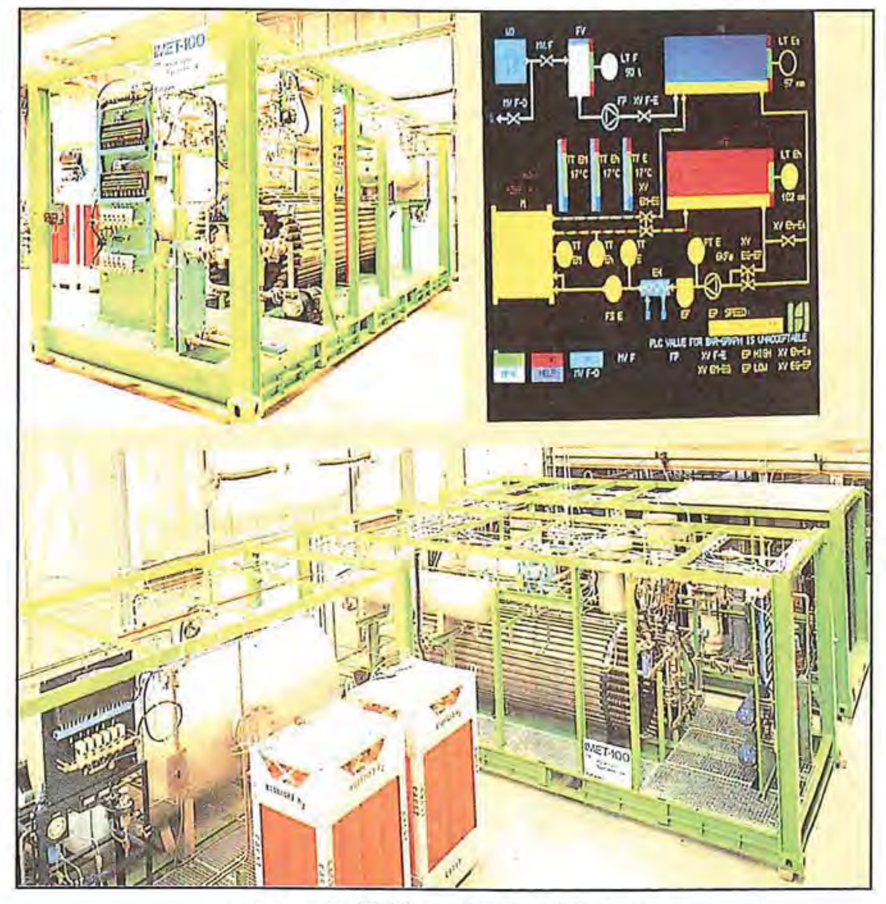
٥- دراسة أنظمة إنتاج واستخدام الهيدروجين المنتج بالطاقة الشمسية.

٦- القيام بدورات تدريبية، وتبادل العلماء والفنيين بين الجانبين.

● محطة إنتاج الهيدروجين

تشتمل المحطة على المجمعات الكهروضوئية والمحلل الكهربائي وأجهزة تحكم.

تقوم المجمعات الكهروضوئية بتزويد المحلل الكهربائي بالتيار الكهربائي المستمر (Direct current-DC). ويعمل المحلل الكهربائي وفق الظروف الشمسية المتغيرة وذلك بغرض رفع الكفاءة الكلية، وخفض أعمال التشغيل والصيانة، وإمكان العمل في الظروف الشمسية المتغيرة، وتحضير



● شكل (٣) المحطة التجريبية لإنتاج الهيدروجين.

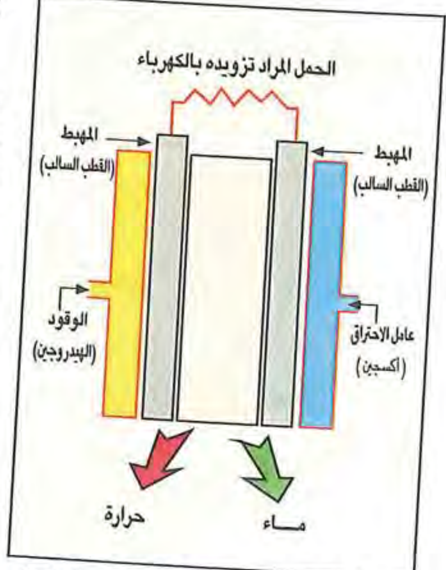
الهيـدروجين بطـريقـة تجعلـه جـاهــزاً للاستعمال .

ويوضـح جدول (١) مواصفـات المحلل المائي الكهـربـائي المستخــدم في المحطــة التجـريبيـة ، كما يـوضح شكل (٣) المحلل المائـي الكهربائـي ، ويحتـوي المحلل المائي الكهـربـائي على ثلاث حـاويـات ، تحــوي الأولى منهـا الأجهـزة المسـاعـدة (لـوحـات التوزيـع والتحكــم وأجهـزة ومعالجـــة الماء ، بينما تحوي الثـانيــة المحلل وأجهـزة فصل وتجفيف الهيـدروجين ، أمـا الحاويـة الثـالثــة فتحـوي أجهـزة معـالجة الغـاز وتخزينه وتعبئته .

استخدامات الهيدروجين

يستخـدم الهيـدروجين بصفـة أسـاس كوقـود نظيف حيث لا ينتج عن استخـدامه (حـرقـه) أي ملوثـات بيئيـة بل إن النـاتج الأسـاس لحرقه هو الماء .

يستفــاد من طــاقـة الهيــدروجين في تطبيقـات عديـدة مثل المحركـات بأنواعهـا وتـوليـد الكهـربـاء والاحتراق الحفـــزي وغيرها من التطبيقـات الخاصة بـاستغلال الطـاقـة ، ويمكن استعــراض بعــض تلك التطبيقـات من خــلال مـا ساهمــت بــه **مدينــة الملك عبد العزيــز للعلــوم والتقنيــة** في إطــار البرنـامـج السعـودي الألمانـــي المشـــترك لإنتـــاج واستخــــــــدام الهيدروجــــين من الطـاقــة الشمسيـة (هـايســـــولار - Hysolor) .



● شكل (٤) نموذج مبسط لخلية وقود أحادية.

● خلايا الوقود

تعــد خــلايــا الــوقـــود من أكفأ وســائل تـــوليــد الكهــربـاء وأقلهـــا ضجيجـاً وإحـداثـاً للتلـوث لعدم احتوائها على أجـزاء ميكانيكيـة متحركـة ، ولكون أن النـاتـج الوحيد مـن تشغيلها هـو الماء ، وقد تصل الكفـاءة الإنتاجيـة الإجمالية لخلايـا الوقـود إلى ٨٥٪ ، كما أنها تحتاج إلى أقل قدر من تكاليف الصيانة والتشغيل .

● شكل (٥) نتائج اختب

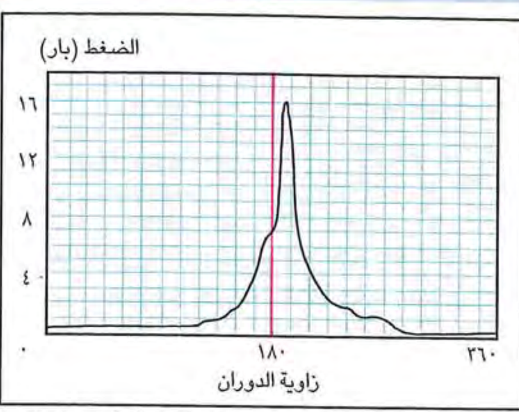
تعمل خـلايـا الــوقود بمبــدأ احتراق الهيدروجين في وجود عـامل تحليل قلوي أو حمضي لتوليـد طاقة كهـربائيـة وذلك وفقاً للمعادلة التالية :

جـزىء هيــدروجين + نصف جـزي أكسـجين ـــــ مـاء + طاقـة حراريـة - طاقة كهربائية.

ويـوضح شكل (٤) الفكـــرة الأسـا لخلية وقود يستخدم فيها حامض الفسفو كسائل تحليل .

بدأت الأبحـاث الخاصة بخلايا الـوق **بمدينـة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** بداية عام ١٩٩١م ، وتم آنذاك اختيار خـ الـوقود ذات الحمض الفـوسفـوري من الأنـواع الأخـرى لأسبـاب كثيرة من أهم مايلي :

- انتشـار تقنيتها عالميـاً بشكـل يمكّن المقـارنة والتحليل الصحيح أثنـاء الدرا والتصميم .
- توسط درجـات حرارة تشغيلها ، (١٠ ٢٠٠ْم).
- تـوفر أغلـب المـكونات والخبرات الأ لتصنيعها واختبارها في المملكة .



● شكل (٦) منحنى الضغط لمحرك بالمدينة يعمل بالهيدروجين.

سكانياً وجغرافياً .

- محطات الإمداد الكهربائي الإحتياطي في المصانع والفنادق والمستشفيات وغيرها.

- المحطات الرئيسة لتوليد الكهرباء (على المدى البعيد) .

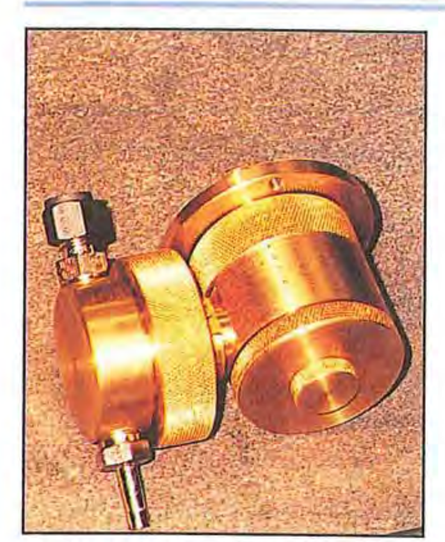
● آلات الإحتراق الداخلي

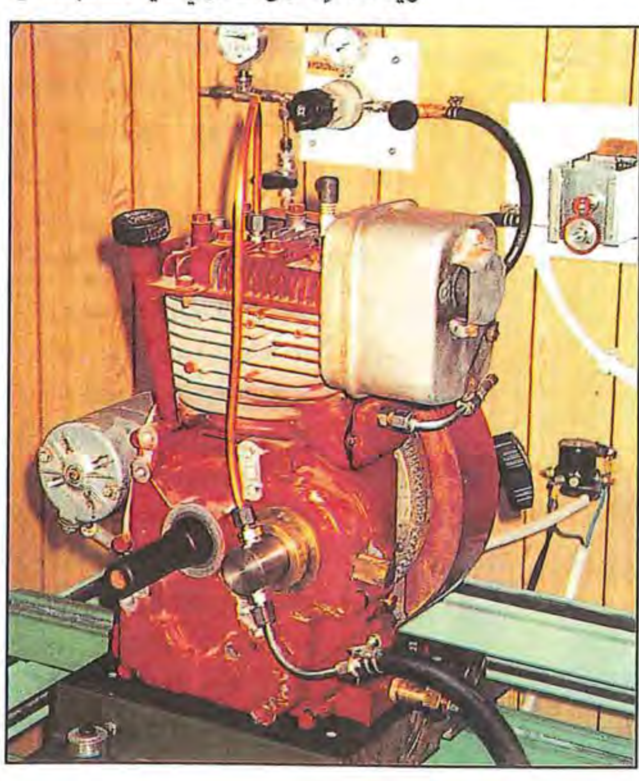
تستخدم آلات الإحتراق الداخلي ذات الدورة الحرارية المغلقة في شتى التطبيقات منذ مايزيد على قرن من الزمن ، ويمكن تلخيص مبدأ أدائها في أنها تحول طاقة الوقود الكيميائية إلى طاقة حركية تستغل مباشرة في تسيير الكثير من وسائط النقل المختلفة كالسيارات والقاطرات والسفن والطائرات ، بالإضافة إلى محطات توليد القدرة الكهربائية ذات الحجم الصغير والمتوسط .

بدأت المحاولات الجادة لاستخدام الهيدروجين كوقود لآلات الإحتراق الداخلي في الأربعينيات من القرن الميلادي الحالي ، وتم تحويل عدد من السيارات في ألمانيا وبريطانيا في ذلك الوقت من الوقود النفطي إلى الهيدروجين بنسبة نجاح مشجعة ، وبعد الحرب العالمية الثانية تباطأت الخطوات العملية في هذا المسار ، ولم يستأنف البحث العلمي والتطبيق التجريبي لتشغيل السيارات (آلات الإحتراق الداخلي) إلا منذ بداية الثمانينيات ، وكان هذا مصاحباً في الغالب للتوجهات الجديدة لتوليد الهيدروجين بالطاقة الشمسية واستخدامه كوقود .

شُرع في جهود تشغيل آلات الإحتراق الداخلي بالهيدروجين في المدينة مع بداية عام ١٩٩٠م ، وشكلت هذه المهمة في بدايتها تحدياً تقنياً واجهة الباحثون بالمدينة بعزيمة تكللت بالنجاح ولله الحمد ودون مساعدة خارجية ، ولزم لنجاح هذا التعديل ابتكار عدد من حواقن الوقود ومنظمات السريان المختلفة . وبعد تحسينات عديدة واختبارات مكثفة على هذه الحواقن والمنظمات تم اختيار أفضلها لتشغيل آلة احتراق داخلي بقدرة ٨ حصان ، وأخرى بقدرة ١١ حصان ، وكان نظام الإمداد بالهيدروجين مصمماً بطريقة تؤدي إلى الحقن المباشر للوقود (الهيدروجين) في غرفة الإحتراق ، وتقلل هذه الطريقة إلى حد كبير الظواهر السلبية لاحتراق الهيدروجين في آلات الإحتراق الداخلي ، ولعل من أهم الظواهر التي تم تفادي حدوثها إلى حد كبير ظاهرة الاحتراق الارتدادي (Flash Back Combustion) وظاهرة الخبط (Knocking) ، ويوضح الشكل (٦) خلو منحنى الإحتراق من أي من هذه الظواهر السلبية، وذلك في دورة احتراق واحدة سجلت عشوائياً خلال تشغيل إحدي الآلات التي تم تعديلها .

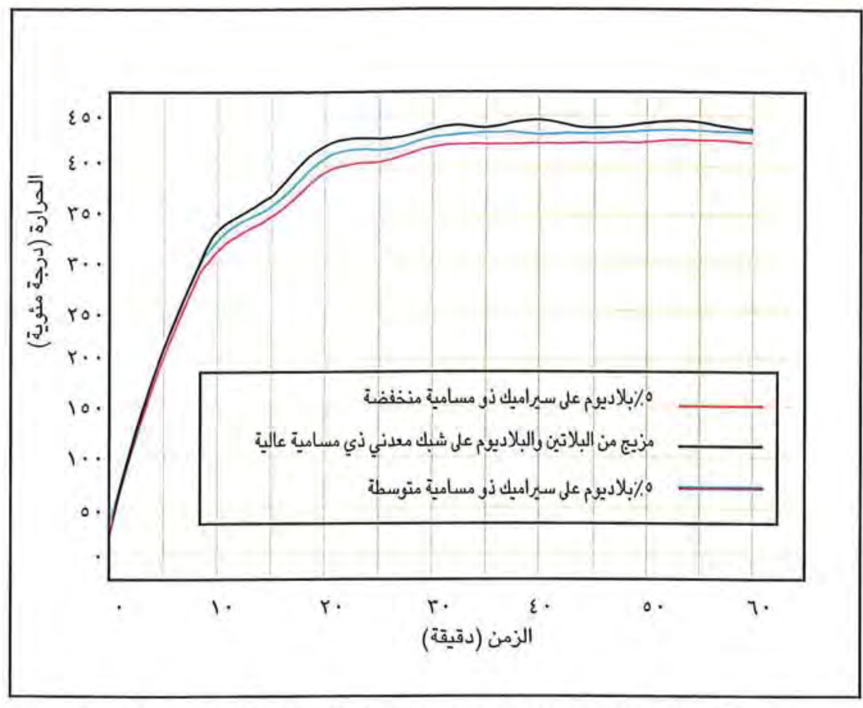
توضح الصورة رقم (١) أحد نماذج منظمات سريان الهيدروجين التي تم تصميمها وتصنيعها في المدينة ، بينما توضح الصورة رقم (٢) إحدى آلات الاحتراق الداخلي التي تم تعديلها واختبارها بنجاح ، حيث تبرز بوضوح مكونات نظام الإمداد بالهيدروجين وحقنه مباشرة في غرفة احتراق المحرك .


●صورة (١) أحد منظمات سريان الهيدروجين.


● صورة (٢) محرك احتراق داخلي بالمدينة يعمل بالهيدروجين .

● تطبيقات الإحتراق الحفزي

يمثل الإحتراق الحفزي أحد أفضل الطرق وأكثرها أماناً للإستفادة من الهيدروجين خاصة في التطبيقات المنزلية ، ويحدث الإحتراق الحفزي - في الغالب - على



● شكل (٧) نتائج المقارنة لبعض المواد المحفزة (١٠٠لتر٣ /ساعة عند ضغط٠,٢ بار.

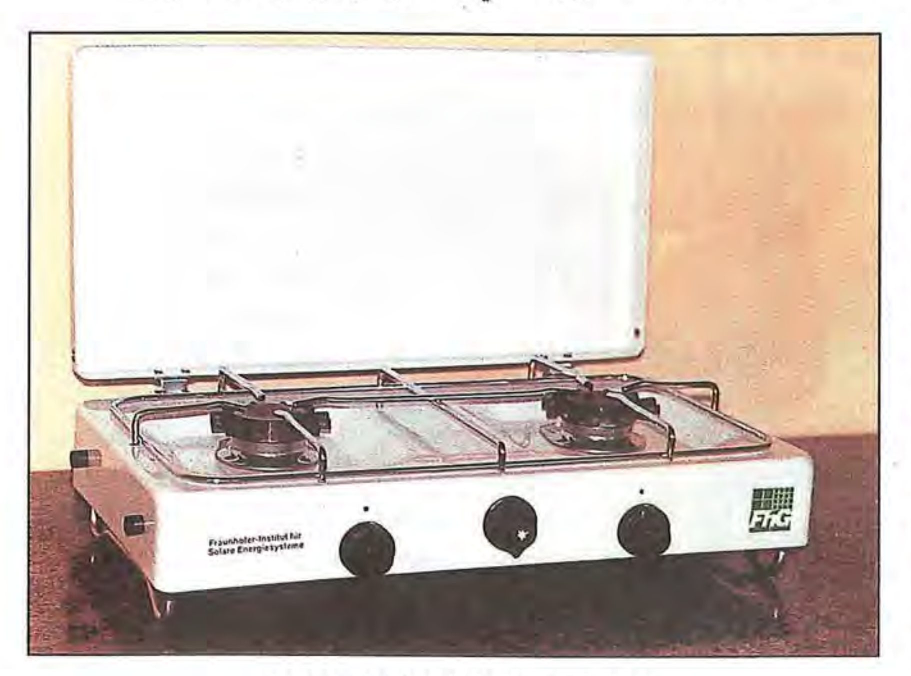
هيئة تفاعل كيميائي متوسط الحرارة دون وجود لهب أو حاجة إلى وسيلة إشعال ، ويتم هذا بفضل استخدام إحدى المواد المحفزة كعامل يساعد على تفاعل الهيدروجين مع الهواء عند درجات حرارة تتراوح بين ١٠٠ إلى ٨٠٠م ، ويحدث ذلك بمجرد مرور الهيدروجين على هذه المادة المحفزة في وجود الهواء ، وذلك حسب التفاعل التالي :

جزيء هيدروجين + نصف جزيء أكسجين ←(مادة محفزة) حرارة + جزيء ماء.

من أهم المواد المحفزة التي يتم استخدامها لتوليد الحرارة بتفاعل الهيدروجين مع الهواء عناصر البلاتين والبلاديوم ، وتستخدم كذلك أكاسيد بعض المواد كالنحاس و لكن بكفاءة أداء أقل ، ولكي تكون المادة المحفزة في شكل مثالي للإستخدام ، فإنه يتم ترسيبها على سطح إحدى المواد الحاملة من خلال مسامات بنسب تتراوح بين ٣٪ إلى ٨٪ من وزن المادة الحاملة التي تكون غالباً من السيراميك ذو المسامات وذلك لضمان الحصول على أكبر مساحة ممكنة لترسيب المادة المحفزة والإستفادة منها .

يتم التفاعل دون لهب ، وعند درجات حرارة متوسطة تزيد وتنقص تبعاً لزيادة ونقصان ضغط الهيدروجين ومعدل سريانه ، وعندما تكون المادة الحاملة ملاصقة لحاقن الهيدروجين فإن امتزاج الهيدروجين مع الهواء يكون داخل مسامات المادة الحاملة ، وبهذا تنتفي إمكانية حصول الإحتراق خارج نطاق هذه المادة ، وهذا بدوره يعني الأمان الكامل أثناء التفاعل ، والقضاء على وجود ظاهرة الإحتراق الإرتدادي التي يشتهر بها الهيدروجين أكثر من غيره ، ويضاف إلى هذه الميزة أن وجود المادة المحفزة يقضي على أي احتمال لتسرب الهيدروجين وتراكمه بشكل يسبب الإنفجارات والحرائق غير المتوقعة .

ساهمت **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** مساهمة جيدة في مجال الأبحاث التطبيقية للإحتراق الحفزي للهيدروجين ، وقد تم في هذا الشأن اختبار عدد من الوسائل المنزلية التي تستخدم طريقة الإحتراق الحفزي ، ولعل من أهم هذه الوسائل الطباخات ، والثلاجات الإمتصاصية . كما قام الباحثون في المدينة بتصميم عدد آخر من هذه الوسائل أهمها المولدات الكهروحرارية ، وهي أجهزة تولد الكهرباء مباشرة عند تزويدها بالحرارة الناتجة من الإحتراق الحفزي ، وقد جرى في هذا الخصوص اختبار وتصنيف وتقويم عدد من المواد المحفزة لاختيار أنسبها وأفضلها أداءً ، ويوضح شكل (٧) نتائج المقارنة لبعض عينات هذه المواد .



● طباخ يعمل بالإحتراق الحفزي للهيدروجين.

مع المزيد من فوائد حليب الأم

ليس هناك خلاف في أن الرضاعة الطبيعية لها فوائد عديدة . فهي بجانب أنها تقوى الرابطة الحميمة بين الطفل وأمه فإنها تساعد على انتقال مجموعة من الأجسام المضادة للأمراض إلى الطفل فتحميه من الأمراض لحين استكمال جهازه المناعي ، بجانب ذلك يتفق علماء الأحياء الدقيقة على أن فوائد الرضاعة الطبيعية تتعدى ماذكر سابقاً ولكنها لم تكتشف بعد .

أخيراً أعلنت مجموعة من علماء الأحياء التجريبية في مؤتمر عُقد بولاية اتلانتا بالولايات المتحدة الأمريكية أن لبن الأم يزود الطفل ليس فقط بالأجسام المضادة ولكن بمجموعة من المواد المقاومة للتلوث (Infection - Fighting Agents) ومن ذلك مثلاً أحماض الشبكية (Retinoic Acids) إحدى مشتقات فيتامين (أ) التي اتضح أن لها أثراً في حماية الأطفال من فيروس القوباء (Herpes Virus) . ففي دراسة قام بها **شارلس اسحق** (Charles E. Isaacs) ومجموعته في معهد نيويورك للعلوم الأساس تم تعريض مجموعتين من الخلايا إلى فيروس القوباء . ثم معاملة إحدى المجموعتين بأحماض الشبكية من نوع (Beta Carotene Retinoic Acid) أو أي من مشتقات فيتامين (أ) المستخلصة من لبن الأم أما المجموعة الثانية فكانت عينة عيارية لم يجر معاملتها . وقد أظهرت نتائج التجربة الكفاءة العالية لأحماض الشبكية في الحد من نمو الفيروس ، فمثلا بعد مضى ٤٨ ساعة وصل معدل نمو الفيروس في المجموعة غير العاملة بالأحماض الشبكية إلى ١٠ آلاف ضعف نموه في المجموعة العاملة بتلك الأحماض . ويشير اسحق إلى أن أحماض الشبكية لم تقتل الفيروس ولكنها أبطأت معدل تكاثره ، وفي هذه الحالة فإنها ساعدت الجهاز المناعى في القيام بعمله ،فعلى سبيل المثال فإن وجود تلك الأحماض في الجسم سوف يهيء الفرصة لجهاز المناعة لمقاومة ٥٠ فيروس بدلاً من مقاومة ١٠٠ ألف فيروس فيما لو ترك المجال لتكاثر تلك الفيروسات .

وفي دراسة أخرى لكشف ما أوجده الله جلت قدرته من فوائد لحليب الأم قام **أولى هيرنل** (Olle Hernel) بجامعة أوميا (Omea) بالسويد بدراسة أثر الجليكوبروتين كابا - كاسين - (Glyco Protein Kappa - Casein) إحدى البروتينات الموجودة في حليب الأم - على مكافحة بكتيريا هيلوكوباتر بايلوري (Helico Bater Pylori) المسببة لقرحة المعدة في الأطفال والكبار على السواء .

وقد أظهرت الدراسة أن خلايا المعدة العاملة بالبروتين المذكور لم تنمُ فيها تلك البكتيريا ، ويعتقد **بولونردال** (Bo Lonaerdal) من جامعة كاليفورنيا ديفس وأحد الباحثين المشاركين في التجربة المذكورة أن لبن الأم ربما أدى أيضاً إلى غسل معدة الطفل من تلك البكتيريا وبذلك تمت حمايته من القرحة ، ويضيف **لونردال** أنه رغم أن حليب الأبقار يحتوى على كمية أعلى من بروتين الكابا كاسين الموجود في حليب الأم إلا أنهما مختلفان في التركيب ، وأن نوع البروتين الموجود في حليب الأم له تلك الخاصية في مكافحة البكتيريا .

يحتوى لبن الأم كذلك على كميات كبيرة من جزىء هام في مكافحة الإلتهابات يسمى انترليوكين - ١٠ (Interleukin - 10) ، ففي دراسة أولية قام بها **روبيرتو قاروفالو** (Roberto Garofalo) ومجموعته بجامعة تكساس يرى أن تناول حليب الأم للأطفال الصغار ذو أهمية بالغة في تزويد الجسم بكمية كافية من انترليوكين - ١٠ لمكافحة أي التهابات - خاصة التهاب المعدة - إذ أن جسمه الصغير قد لا يملك الكمية الكافية منه في هذا العمر ، ومما يؤكد هذا الإعتقاد أن لبأ (أول حليب) الأم يحتوى على كمية كبيرة من انترليوكين - ١٠ .

وهكذا تتضح عناية الخالق عز وجل ولطفه على عباده فيما وضع من أسرار في لبن الأم هيأ لنا أن نعرف بعضها عن طريق وسائل العلم الحديث وسيتكشف لنا المزيد من فوائد هذا السائل العجيب في مقبل الأيام إن شاء الله .

● المصدر :

Science News, April 1995, Vol. 147, P. 231 .

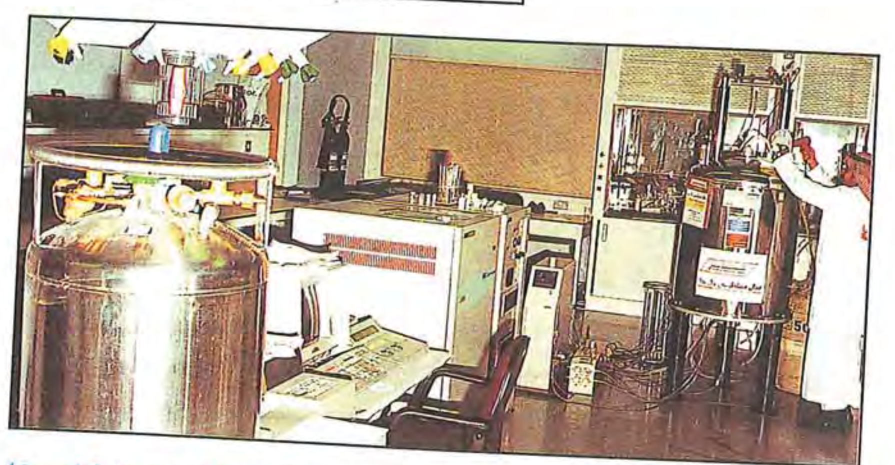


الطنين النووي المغناطيسي

Nuclear Magnetic Resonance

(NMR)

د. عدلي فضل العطار



تمكن الفيزيائيان بارسيل وبلوخ (*Purcell and Bloch*) عام ١٩٤٦م ـ كل على انفراد ـ من إكتشاف ظاهرة الطنين (الرنين) النووي المغناطيسي وأنتج أول جهاز لاحداث هذا الطنين وقياس طيفه عام ١٩٥٣م ؛ ومنذ ذلك الوقت تستخدم هذه الظاهرة للتعرف على بنية المركبات المختلفة بما فيها العضوية حيث يمكن من خلالها التعرف على البنية فائقة الدقة (*Hyperfine Structure*) لهذه المركبات .

مبدأ عمل الجهاز

يعمل الجهاز على مبدأ البَرْم (Spin) النووي حيث أن كمية الحركة الكلية للنواة ـ الزخم ـ تتكون من محصلة زخم البروتونات والنيوترونات التي تكونها ويطلق على الزخم الكلي للنواة ـ تجاوزا ـ البرم الكلي للنواة ، ويتخذ هذا البرم أعدادا صحيحة أو نصف صحيحة (مقيسة بوحدات بلانك) تبعا للعددالكتلي للنواة . فإذا كان العدد الكتلي فرديا يكون البرم الكلي لها مساويا ١/٢ ، أو ٣/٢ ، أو ٥/٢ ، .... أما إذا كان هذا العدد زوجياً فيكون البرم الكلي للنواة مساويا صفر أو ١ ، أو ٢ ، أو ٣ ، .... أي عددا صحيحا . ويرتبط البرم الكلي للنواة بعزم مغناطيسي كلي لها يعتمد على قيمة البرم . ويتفاعل العزم المغناطيسي للنواة مع المجالات المغناطيسية الخارجية . وتتحرك الإلكترونات في الذرة حركتين احداهما دورانية حول مركز النواة بزخم زاوي يتخذ قيماً صحيحة بوحدات ثابت بلانك ، والأخرى ذاتية لكل الكترون حول محور معين ، ويتخذ مسقط البرم الذاتي للالكترون على هذا المحور ± ١/٢ مقيسا بنفس الوحدات . ويتحدد مستوى الطاقة للذرة ككل من طاقات الكتروناتها ، ويمكن أن يتغير مقدار هذه الطاقة لذرة معينة عند

إنتقال أي من
آخر ، أو عند
البرم بسبب و
الإنقلاب .
وعند وض
مغناطيسي ش
الدقة لوض
لتفاعل المجا
فيحدث إض
الذرية مم
الإلكترونية
وعندما يتخ
المؤثر على ا
ينقلب برم ا
العكس ، و
هذه الظروف
ف
تق
على التأثر
وترددات
الدقة لل
الأطياف
الإلكترون
الناتج
الإستدلا
تخذ
المولدة
المؤثرة .
طيف الب
أكثر أن
العض
المركبا
و

مغناطيسي لمادة ما يجب أن تمتص هذه المادة طاقة معينة حتى تقلب (Flip) برم النواة (البروتون) ، ويمتص البروتون الموجود في المستوى ذي الطاقة المنخفضة طاقة إضافية ليقفز إلى مستوى طاقي أعلى ، وتسمى عملية الإمتصاص هذه عند الظروف المعينة الطنين المغناطيسي ، ويمكننا القول بأن كل نواة تطن عند تردد محدد ، ويوضح الشكل (١) ترددات الطنين لنوى نموذجية .

تطبيقات الجهاز

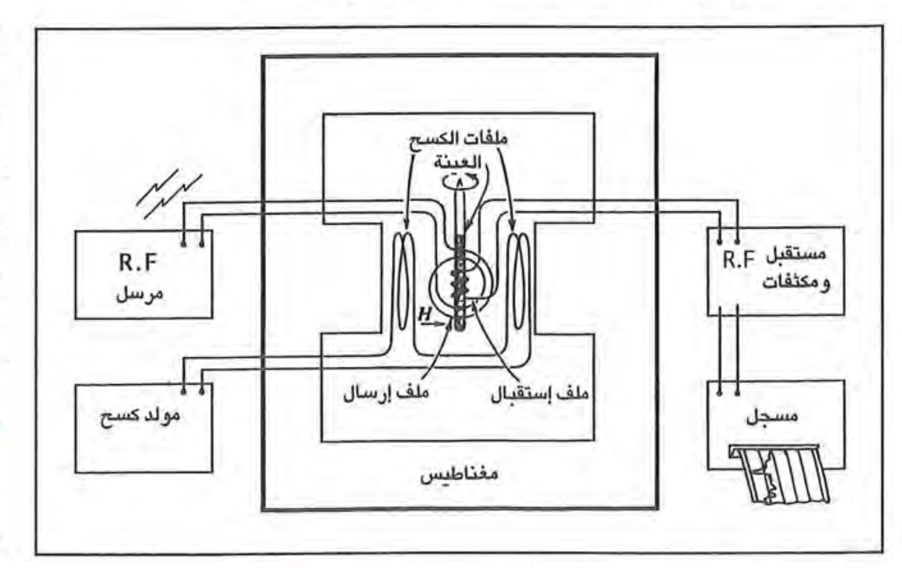
يستخدم جهاز الطنين النووي المغناطيسي (NMR) بصفة عامة في معرفة الصيغ البنائية للمركبات العضوية في العديد من المجالات مثل الكيمياء العضوية والحيوية ، وفي دراسة ومعرفة تركيب المواد الفعّالة في الأعشاب الطبية ، وفي تحضير الأدوية مخبرياً والتأكد من مطابقة الأدوية المحضرة صناعياً مع المنتجه طبيعياً ، وذلك بمقارنة التركيبات والبنى الدقيقة الموجودة في كلا النوعين . كما يستخدم الجهاز لإكتشاف بعض الأمراض السرطانية في الدماغ .

أجزاء الجهاز

يتألف جهاز الطنين النووي المغناطيسي ، شكل (٢) ، من عدة أجزاء أهمها :

مغناطيس

يعد المغناطيس (Magnet) المكون الأساس لجهاز (NMR) ، حيث تتوقف كفاءة الجهاز ودقته في فصل الأطياف على شدة المجال المغناطيسي ، فكلما زادت شدته زادت دقته في فصل أطياف العينة ليعطى تفسيراً أفضل للنتائج . ويوجد نوعان من المغناطيس هما : ـ



● شكل (٢) مخطط مطياف (NMR) .

^{1}H ^{19}F ^{31}P ^{11}H ^{13}C

70 60 50 40 30 20 10 0

التردد (ميجا هيرتز)

● شكل (١) ترددات رنين لنوى نموذجية .

النوع الأول : وهو إما دائم (Permanent) أو كهربائي (Electromagnet) وكلاهما بشدة مجال ٦٠ ميجاهرتز ، أو ١٠٠ ميجاهرتز .

النوع الثاني : ويتميز بأنه فائق التوصيل بترددات عالية تتراوح بين ٢٠٠ إلى ٨٠٠ ميجاهرتز .

مولد الطاقة الكهرومغناطيسية

يقوم مولد (مرسل) الطاقة الكهرومغناطيسية (Radio Frequency Transmitter - RFT) ببث موجات كهرومغناطيسية ذات ترددات معينة ويمكن التحكم في ترددها وسعتها عند اللزوم عن طريق ملف فلزي يوضع في حاوية العينة الموضوعة بين قطبي المغناطيس بحيث يكون عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي ، ومن ثم تخضع العينة لمجال مغناطيسي دوَّار ــ نتيجة لدوران حاوية العينة بين قطبي المغناطيس ـ مما يؤدي إلى تغير البرم النووي وحدوث إنتقال بين مستوى الطاقة مؤدياً إلى حدوث طنين ، وبالتالي نحصل على الطيف المطلوب .

مستقبل راديوي ومكشاف الطيف

يُثبت مستقبل التردد الراديوي (Radio Frequency Receiver - RFR) بالملف المحيط بالعينة وذلك لاستقبال موجات

المجـــال المغناطيــسي ، حيث يعمــل مكاف الطيـــــف (Spectrum Detector) المتصـــل بـــالمستقبل على إستقبـــال الإشـــارات المغناطيسية الواردة إلى المسجل .

مسجل

يقـــوم المسجل (Recorder) بتسجيل طيف العينـة الخاضعـة للفحص في صـورة قمم (Peaks) عنـد قيم معينـة لشدة المجال المغنـــاطيسي . وهـــو يتألف مـن مضخم للنبضـات ومكـونـات إضـــافيـة لـزيـادة حساسية القياس ودقته .

حاوية العينة

حـاويـــة العينـــة (Sample Container) عبـارة عن أنبـوب زجـاجي بقطـر خـارجي مقـداره ٠,٥سم بإرتفـــاع حـوالي ١٥سم ، وتـــدار هـــذه الحاويـــة بتيـــار من الهواء المضغـوط في حـركة دورانيـة لجعل المجـال المغناطيسي يتوسط أبعاد العينة .

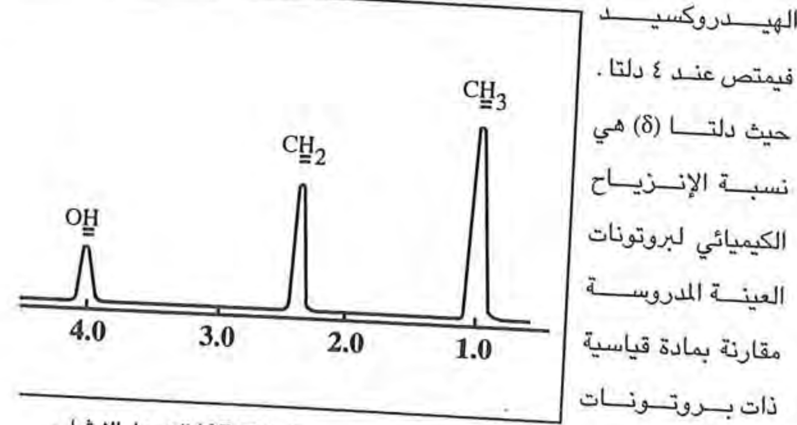
كيفية عمل الجهاز

تــــــذاب العينة المراد دراستها بالمذيب المناســب مثل رابـــع كلوريـد الكربـــون ، (CCl_4) ، أو مذيبـات خاصـة تحتوي على نظير الهيدروجين ــ الديتريـوم (^2H) ــ مثل الماء الثقيـل (D_2O) ، والأسيتــــــــــون $(CD_3)_2CO$ ثم تـوضع في أنبـــوبـة التحليل الخاصة بجهــاز (NMR) ، ويجــب أن لا يزيد ارتفاع محلـول العينة في الأنبـوبة عـن ٣ إلى ٤سم ، ثم تثبت على مـــاسك العينـة ــ بعد تغطيتــها ــ بـين قطبـــي المغنــاطيس ، ويـــدار الماسك بـوسـاطـة مـولـد هـوائي وبسرعة تقارب ثلاثين دورة في الثانية .

وتـــوضع العينـــة المحتـــويــــة على الهيـدروجين في مجال مغناطيسي ذي شـدة ثـابتة ، ثم يتم تغيير تـردد المولد الـذي يثير مجالاً مغنـاطيسيـاً عمـــودياً على المجـال المغنــاطيسي الـدائم . وعند وصـول المجـال المغنـاطيسي المتردد للشدة الـلازمة لإحـداث طنين لعـدد من البروتـونـات المتـواجـدة في المادة المدروسة فإنها تنقلب من حالـة طاقة منخفضة إلى حـالة طـاقة مـرتفعة محدثـة خطوطا طيفية .

تختلف الطاقة الـلازمة لإحداث طنين في بروتـونات الجزيء الواحـد تبعاً لنـوع هذه البروتـــونـــات . ويعطي كـل نـــوع من البروتونـات في الجزيء الواحـد خطاً طيفياً يميزه عن الأنـواع الأخرى . ويمكن تسجيل هـذه الخطوط لتعطي طيف الطنين النـووي المغنـــاطيسي ، ومن أمثلـــة ذلك في دراســـة طيـــف إمتصــــاص الكحــول الإيثـيـلـي (الايثـــانـــول) ، شكـل (٣) ، لـــوحظ أن امتصاص المجمـوعة الميثيليـة (CH_3) يتم عند حـوالي ١ دلتا ومجمـوعـة (CH_2) عند أكثـر من ٢ دلتا ، أمـا بـروتـون مجموعـة الهيــــدروكسيــــد فيمتص عنـد ٤ دلتا . حيث دلتــــا (δ) هي نسبـــة الإنـــزيــاح الكيميائي لبروتونات العينـــة المدروســـة مقارنة بمادة قياسية ذات بـــروتـــونـــات متكـافئـة وخـــاملـة كيميـائياً مثـل ربــاعي ميثيــل ســيلا[ن] [$(CH_3)_4Si$, Tetramethylsilan - TMS] [إ]قيمة التردد الخاص بالجهـــاز . وتقـا[س] دلتـــا بوحــــدات جزء من المليون (PPM) لأن الإنـزيـاح عن المادة القيـاسيـة يقـا[س] بـــالهيرتـــز ، بينما يقـــاس التردد الخا[ص] بالجهاز بالميجا هيرتز (10^6 هيرتز) .

ويقع طيف امتصـــاص البروتـون[ات] المرتبطة بـذرة مجاورة لرابطـة غير مش[بعة] أي كان نـوعها (مـركب عطري أو أوليف[ين] ذو رابطة ثنائية ، أومـركب ذو رابطة ثلا[ثية] مثل الاستيلين) بين ٢ إلى ٩ دلتـــــا . [وعلى] سبيل المثـال يتراوح امتصاص بـروتو[نات] مشتقات البنـزين بين ٦ إلى ٩ دلتا علم[اً أن] بروتونات البنزين الستة تمتص بين ٣ دلتا . ويعتمد هـذا الفارق في الإمتصا[ص] المجمـوعـة البديلـة التي تقع على الحلقـة ، [فإذا] كانت المجمـوعة مـانحة للإ لكترونـا[ت] الإمتصاص عنـد قيمة ـ دلتـا ـ أقل ، [كما] أن وجود المجمـوعة السـاحبة لـلإلك[ترونات] يـزيد إمتصـاص البروتونـات العطر[ية] قيمة ـ دلتا ـ أعلى كما أن تعدد هذه ا[...] له نفس الأثر على قوة الإزاحة .



● شكل (٣) طيف (NMR) الكحول الإيثيلي .

مساحة للتفكير





محمد وأحمد وناصر يسكنون في نفس الدور في أحد الفنادق في مدينة الدمام ، حجرة أحد الرجال الثلاثة في الوسط بين حجرة الرجلين الآخرين بحيث تكون إحدى الحجر على يسار الحجر المذكورة والأخرى على يمينها .

الحجرة اليسرى	الحجرة الوسطى	الحجرة اليمنى

فإذا كانت لديك المعلومات التالية :

١ ـ كل رجل من الرجال الثلاثة يملك سيارة واحدة إما أمريكية الصنع أو يابانية الصنع ، وكل رجل من الرجال الثلاثة يلبس نوع واحد من الثياب إما ثوب مصنوع من القطن أو ثوب مصنـوع من الصوف ، وكل رجل من الرجال الثلاثة يأكل نوع واحد من اللحم إما لحم أغنام أو لحم جمال .

٢ ـ محمد يسكن بجانب الرجل الذي يأكل لحم جمال .

٣ ـ أحمد يسكن بجانب الرجل الذي يملك سيارة أمريكية .

٤ ـ ناصر يسكن بجانب الرجل الذي يلبس ثوب قطن .

٥ ـ من يأكل لحم أغنام لا يلبس ثوب قطن

٦ ـ واحد ممن يملك سيارة يابانية الصنع على الأقل يأكل لحم غنم .

٧ ـ واحد ممن يلبس ثوب صنوف على الأقل يسكن بجانب من يملك سيارة أمريكية الصنع .

٨ ـ لا يشترك اثنان من الرجال الثلاثة في صفتين متشابهتين مثل أكل لحم الغنم ، ولبس ثوب صوف وامتلاك سيارة أمريكية الصنع .... الخ

من من الأشخاص الثلاثة يسكن في الحجرة الوسطى ؟

أعــزاءنا القــراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **الحجرة الوسطى** » فأرسلوا إجابتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي:

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

٤ـ آخر موعد لاستلام الحل هو ١٠/١٠/١٤١٦هـ .

ســـوف يتم السحب على الإجابــات الصحيحــة التي تحتوي عـلــى طريقــة الحـــل ، وسيمنح ثلاثـة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد الرابع والثلاثين

الحرف (ذ)

لمعرفة الرقم الذي يمثله الحرف (ذ) نضع الإحتمالات التالية :

أ × ب ج = ذ ذ ذ

أ × ب ج = ذ × ١١١

أ × ب ج = ذ × ٣ × ٣٧

لذلك فإن قيمة ب ج هي إما : ـ ٣٧ في حالة العدد الفردي أو ٧٤ (٣٧ × ٢

وعلى ذلك إذا كانت قيمة ب ج هي ٣٧ ، فإن أ = ٣ ذ ، أما إذا كانت قيمة ب

مما سبق فإن هناك ستة إحتمالات بقيمة كل من أ ، ب ، ج ، ذ ، و هذه الإ

الإحتمالات	أ	ذ	ب ج
(١)	٣	١	٣٧
(٢)	٦	٢	٣٧
(٣)	٩	٣	٣٧
(٤)	٣	٢	٧٤
(٥)	٦	٤	٧٤
(٦)	٩	٦	٧٤

وبما أن كل حرف يمثل رقماً معيناً يختـلف عن رقـم أي حـــرف آخـ

(٣) ، (٥) لايمكن قبولها .

نقوم بعملية الضرب الحقيقية في كل من الإحتمالات (٢) ، (٤) ، (٦) لنحصل على قيمة الحروف د ، ش ، س وذلك على النحو التالي :

الإحتمال(٢)	الإحتمال(٤)	الإحتمال(٦)
٣ ٧	٤ ٧	٤ ٧
× ٦	× ٣	× ٩
٤ ٢	١ ٢	٣ ٦
١ ٨	٢ ١	٦ ٣
٢ ٢ ٢	٢ ٢ ٢	٦ ٦ ٦

وكما هو واضــح في عمليات الضرب الثـلاث فان الإحتمال (٢) هو المقبـول حيث أن كل حرف من الحروف أخذ رقماً يختلف عن الباقي ، وبالتالي فان الحرف (ذ) يمثل الرقم (٢) .

الفائزون في مسابقة العدد الرابع الثلاثون

تلقت المجـــــــلة العديد مـن الرســـائل التي تحمـل حـل مسـابقة العـــدد الـرابع والثـلاثون « **الحرف ذ** » وقـد تم إستبعاد جميـع الحلول التي لم تتقيـد بشروط المسـابقـــة ، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كل من الآتية أسماؤهم : ـ

١ ـ فاضل محمد أحمد الحاجي ـ الرياض

٢ ـ عبد الإله محمد سعيد الجشي ـ الدمام

٣ ـ عبد الله يحيى الضرغام ـ الرياض

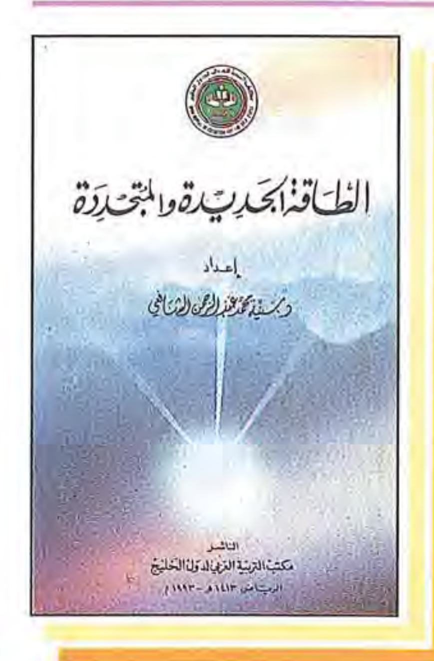
ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدية قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد المقبلة .

الطاقة الجديدة والمتجددة

عرض : د . خالد محمد السليمان

لا تخفى على القارىء الكريم أهمية توفر مصادر الطاقة لإستمرار تطور الحضارة الإنسانية بشكل عام وحضارة اليوم بشكل خاص ، فقد أصبحت حضارة اليوم وممارسات الإنسان اليومية تعتمد بشكل أساس على صورة أو أخرى من صور الطاقة ، والتي بدونها لا يمكن لحضارة اليوم أن تستمر بالنسق والنهج الذي ألفناه . ويزيد من أهمية موضوع الطاقة بالنسبة للقارىء العربي أن الدول العربية تمتلك مصدراً جيداً من مصادر الطاقة المختلفة ، سواء المتجددة أو غير المتجددة ، مما يعني أهمية إلمام المواطن العربي بجوانب وقضايا هذا الموضوع الحيوي للعالم أجمع . ومن هذا المنطلق جاء كتاب الدكتورة **سنية الشافعي** « الطاقة الجديدة والمتجددة » لسد هذه الثغرة ، فهو حسب تعبير مدير عام **مكتب التربية العربي لدول الخليج** ، الناشر للكتاب - ١٤١٣هـ / ١٩٩٣م، كتاب علمي ثقافي تربوي يهدف إلى تذليل المفاهيم العلمية ويوفر للناشئة مرجعاً مهماً في مجال الطاقة .

جاء الكتاب في ١١٢ صفحة من الحجم المتوسط تحوي ثلاثة فصول أساس بالإضافة إلى اختبار ذاتي لمعلومات القارىء حول مفاهيم الطاقة المختلفة مصحوبة بالإجابات النموذجية . يُعنى الفصل الأول بمفهوم الطاقة وأنواعها ، بدءاً بقانون بقاء الطاقة الذي تعرِّفه الكاتبة بأن « الطاقة يمكن أن تنتقل من حالة إلى أخرى ، ولكن دون تخليق أو فناء » ، وأن التعريف الفيزيائي للطاقة هو « أنها القدرة على بذل شغل ، فلو فرضنا أننا نتحدث عن قدرة شخص على حمل أو رفع معين ، فإن هذه القدرة تحدد طاقته ، وتزداد طاقة هذا الشخص بازدياد الوزن الذي يستطيع حمله » أو بصورة عامة « الطاقة هي الكمية الفيزيائية التي تظهر كحرارة أو كحركة ميكانيكية ، أو في ربط المادة بعضها ببعض ، سواء على مستوى الجزىء ، أو الذرة أو النواة » . أما من حيث أنواع الطاقة فإن الكاتبة تصنفها إلى خمسة أنواع هي الطاقة الميكانيكية ، والطاقة الحرارية ، والطاقة الكيميائية ، والطاقة الكهربائية والطاقة الضوئية . فالطاقة الميكانيكية هي الناتجة عن انتقال جسم من مكان إلى آخر ، ويصاحب هذا الإنتقال اختلاف في طاقة الوضع ، ومن أمثلة هذه الطاقة حركة الرياح ، والمد والجزر . كما تعد الطاقة الصوتية نوعاً من أنواع الطاقة الميكانيكية . أما النوع الثاني من أنواع الطاقة فهو الطاقة الحرارية التي تعد من الصور الأساس للطاقة التي يمكن أن تتحول كل صور الطاقة إليها ، فعند تشغيل الآلات تكون الخطوة الأولى هي حرق الوقود للحصول على طاقة حرارية تحول بعد ذلك إلى طاقة ميكانيكية أو نوع آخر من أنواع الطاقة . ولاتتوفر الطاقة الحرارية بصورة مباشرة في الطبيعة إلا في مصادر الحرارة الجوفية . أما الطاقة الكيميائية فتتواجد في مختلف مصادر الوقود من فحم وبترول وغاز ، وهي الطاقة التي تربط ذرات الجزىء الواحد بعضها ببعض في المركبات الكيميائية ، ويتم تحويلها إلى طاقة حرارية عن طريق حرق المركب الكيميائي أي إحداث تفاعل كيميائي بين المركب الكيميائي والأكسجين ، أما النوع الرابع من أنواع الطاقة فهو الطاقة الكهربائية ، ولا يوجد مصدر طبيعي للطاقة الكهربائية لأن المواد جميعها سواء كانت عناصر أو مركبات متعادلة كهربائياً والشحنات المختلفة تميل تلقائياً للتجاذب وفقاً لقانون التجاذب والتنافر .



أما الطاقة الضوئية فتنتشر من الشمس خلال الفضاء الواسع وفي جميع الإتجاهات ، حيث يبلغ إجمالي الطاقة التي تشعها الشمس سنوياً 10^{34} جول ، لا يصل الأرض منها إلا قدر بسيط يبلغ 10^{25} جول .

يُعنى الفصل الثاني بمصادر الطاقة ، وتصنفها المؤلفة إلى نوعين ، أولهما المصادر الطبيعية المحدودة والمتجددة ، وثانيهما المصادر الإنتاجية الصناعية . تشمل المصادر الطبيعية المحدودة كلاً من الوقود الأحفوري والوقود النووي . وتعرِّف المؤلفة طاقة الوقود الأحفوري بأنها الطاقة الكيميائية الكامنة في البترول والغاز الطبيعي والفحم الحجري المخزون في باطن الأرض ، والتي هي أصلاً طاقة شمسية قامت النباتات الخضراء بتثبيتها بوساطة عملية البناء الضوئي منذ ملايين السنين . وتقدر الكاتبة إحتياطي الفحم

الحجـري القابـل للإستثمار بحوالي ٦٦٠بليـون طن وأن ذلك يكفي الإستهلاك العالمي لمدة ٢٧٠ سنة قادمة بالمعدل الحالي للإستهلاك ، حيث يساهم الفحم حالياً بحوالي ٢٤٪من استهلاك الطاقة في العالم . أما البترول فإنه يساهم بحوالي ٣٩٪ من استهلاك الطاقة في العالم ، وأن منطقة الشرق الأوسط تحتوي على ٥٦٪ من احتياطي بترول العالم ، في حين يساهم الغاز الطبيعي بنسبة ٢٠٪ تقريباً من استهلاك العالم من الطاقة . أما النوع الثاني من المصادر الطبيعية المحدودة ، وهو الوقود النووي ، فقد ذكرت المؤلفة أنه ناتج عن قوة الربط النووي التي تعادل الفرق بين كتلة النواة ومجموع كتل النويدات الحرة المكونة لتلك النواة .

تصنف الكاتبة المصادر الطبيعية الدائمة والمتجددة للطاقة إلى كل من الطاقة الشمسية ، وطاقة الرياح ، وطاقة المياه ، والطاقة الحرارية الأرضية ، وطاقة البناء الضوئي . فالشمس عبارة عن فرن ذري يحول المادة إلى طاقة ، حيث تحول في كل ثانية ٥٨٧ مليون طن من الهيدروجين إلى ٥٨٣ مليون طناً من الهليوم وينتج عن هذا الدمج طاقة هائلة ، وتستقبل الأرض بصورة مستمرة حوالي ١,٧ × ١٠ ^١٧^ وات يومياً من أشعة الشمس . ويمكن الإستفادة من هذه الطاقة إما عن طريق التحويل الحراري أو التحويل الكهروضوئي . ففي التحويل الحراري تُمتص أشعة الشمس بوساطة أجسام داكنة وتُحوَّل إلى طاقة حرارية . أما التحويل الكهروضوئي فيعتمد على تحويل أشعة الشمس مباشرة إلى تيار كهربائي من خلال استغلال الفوتونات الشمسية لتحرير بعض الإلكترونات في الخلية الكهروضوئية ومن ثم توليد تيار كهربائي مستمر . أما طاقة الرياح فتعتمد على استغلال القوة الدافعة للرياح وتحويلها إلى طاقة ميكانيكية عن طريق طواحين الهواء لإستخدامها مباشرة كطاقة ميكانيكية أو تحويلها إلى طاقة كهربائية ، في حين يُقصد بطاقة المياه تحويل القوة الدافعة للمياه في مساقطها إلى طاقة ميكانيكية عبر توربينات ومن ثم تحويل هذه الطاقة الميكانيكية إلى تيار كهربائي باستخدام المولدات الكهربائية . وتذكر المؤلفة أن إنشاء أول محطة لتوليد الكهرباء باستخدام طاقة المياه الساقطة من السدود كان في عام ١٨٨٢م بقدرة كهربائية مقدارها ٢٠٠ كيلووات وذلك في ولاية ويسكونسن الأمريكية ، وأن نسبة مساهمتها في إجمالي الطاقة المولدة يصل إلى ٢٥٪ في أوربا ، و١٥٪ في اليابان ، وحوالي ١٠٪ في الولايات المتحدة الأمريكية . أما النوع الرابع من المصادر الطبيعية المتجددة فهو الطاقة الحرارية الأرضية التي تنتج بسبب أن الجزء الداخلي من الأرض لايزال في صورة كتلة سائلة عالية الحرارة يمكن استغلالها كطاقة حرارية وتحويلها إلى طاقة ميكانيكية ومن ثم طاقة كهربائية . وتذكر المؤلفة أن الحقول الحرارية الأرضية تنقسم إلى ثلاثة أقسام هي حقول البخار الجاف ، وحقول المياه الساخنة ، وحقول الصخور الحارة .

أما المصادر الإنتاجية الصناعية للطاقة فقد ذكرت المؤلفة أربعاً منها هي الطاقة الذرية ، وطاقة وقود الهيدروجين ، وطاقة الليزر ، وطاقة المخلفات الحيوية. فالطاقة النووية هي تلك الناتجة أما عن انشطار النواة أو اندماجها مع نواة أخرى . وتضيف الكاتبة أن طاقة الإنشطار النووي هي الناتجة عن انشطار أنوية معادن ثقيلة مثل اليورانيوم بوساطة نيوترون ما يؤدي إلى اندفاع وتحرر طاقة هائلة . أما طاقة الاندماج النووي فتنتج عن اندماج أنوية خفيفة مثل الديتوريوم والتريتيوم لتكوين نواة أكبر وتوليد طاقة حرارية تسمى طاقة الاندماج النووي . أما النوع الثاني من المصادر الصناعية فهو طاقة الهيدروجين الناتجة عن حرق الهيدروجين الذي يتميز بعدم ترك مخلفات حرق بالإضافة إلى سهولة نقله وتخزينه . وتذكر المؤلفة أن العالم يستهلك حالياً ما يزيد على ٣٥٠ بليون متر مكعب من الهيدروجين سنوياً.

كما تطرقت المؤلفة إلى تفصيل المبادىء العلمية الأساس لكل من طاقة الليزر وطاقة المخلفات (أو الكتل) الحيوية ودورها في العالم اليوم.

تتحدث المؤلفة في الفصل الثالث عما أسمته بالمشكلات الناجمة عن الطاقة لاسيما التلوث البيئي ، فتذكر أن الفضلات الناتجة عن استخدام الطاقة إما أن تكون غازية وهي في معظمها أكاسيد كثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين، أو سائلة كتسربات الوقود السائل في مواقع الإنتاج والنقل والتصنيع أو فضلات الماء الملوث في محطات توليد الطاقة أو المصانع، أو فضلات صلبة كالغبار والرماد والهباب الناتج عن احتراق الوقود الأحفوري ، أو فضلات حرارية بشكل طاقة حرارية تتسرب عبر عمليات إنتاج الطاقة ، أو فضلات مشعة ناتجة عن المفاعلات النووية . كما تعزو المؤلفة التلوث الناجم عن الطاقة إلى عدة عوامل منها إطراد زيادة النمو البشري والكثافة السكانية ، وزيادة الثروة ، حيث ذكرت المؤلفة أن الدراسات والإحصاءات دلت على أن تركيز الملوثات في البيئة يتناسب تناسباً طردياً مع كل من التركيز السكاني والسلع التي يستهلكها الفرد وتعتمد في أساسها على الطاقة .

إن الكتاب بصورة عامة إضافة جيدة للمكتبة العربية لاسيما في موضوع حيوي كالطاقة ، والذي تندر فيه المراجع العربية العامة أو المتخصصة ، ولقد حاولت الكاتبة بالفعل تبسيط المبادىء العلمية الأساس للطاقة ، إلا أنه إتسم بعدم الدقة العلمية في عدة مواضع لاشك سيلحظها المتخصصون في هذا المجال ، إضافة إلى عدم اعتماد الكاتبة على مراجع حديثة . كما أن الأشكال التوضيحية كان بالإمكان إخراجها بصورة أفضل ، ولكن وعلى الرغم من ذلك فإنها لن تؤثر في تحقيق الأهداف المنشودة من الكتاب .

من أجل فلذات أكبادنا



التوتر السطحي للسوائل

فلذات أكبادنا الأعزاء ، لا بد أن بعضكم لاحظ أن هناك بعض الحشرات التي تستطيع الوقوف على سطح الماء في البرك والمستنقعات الراكدة فهل تساءلتم عن السبب الذي يجعلها تطفو فوق سطح الماء ولا تغوص فيه . لا شك أن لوزنها الخفيف دوراً في ذلك ، إلا أن هناك سبباً رئيساً وهاماً أدى إلى ذلك ، ألا وهو ما يسمى بالتوتر السطحي للسوائل . حيث يتكون على السطح الخارجي للمياه الراكدة غلاف غير مرئي يحول دون غوص الأشياء الخفيفة التي تقع فوقه . وسوف نتحقق من وجود هذه الظاهرة في التجربة التالية :

الأدوات :

- قطعة من الورق المقوى
- إناء مناسب
- سائل تنظيف

خطوات العمل :

- قص قطعة الورق المقوى على شكل زورق ، شكل (١) .
- اسكب كمية مناسبة من الماء في



● شكل (١) .

الإناء واتركه حتى يركد .
- ضع الزورق الورقي برفق فوق سطح الماء ، شكل (٢) .
- ضع قطرة من سائل التنظيف على أصبعك واسقطها برفق على سطح الماء خلف الزورق مباشرة ، شكل(٣) .



المشاهدة :

- نشاهد أنه بعد



كتب صدرت حديثاً

Advances In Solar Energy

صدر باللغة الإنجليزية المجلد التاسع من كتاب تطورات علمية في الطاقة الشمسية (Advances In Solar Energy) ، عام ١٩٩٤م ، وهو إصدار سنوى يعنى بالبحوث والتطوير في هذا المجال ، ويصدر عن الجمعية الأمريكية للطاقة الشمسية ، وتقوم بتحريره نخبة من العلماء برئاسة **كارل بوير** (Karl W. Boer) من جامعة ديلاوير بالولايات المتحدة الأمريكية .

جاء الكتاب في ٤٧٦ صفحة من الحجم المتوسط محتوياً على مقدمة وثمانية أبواب وقائمة بالمراجع الأجنبية وفهرس الكلمات .

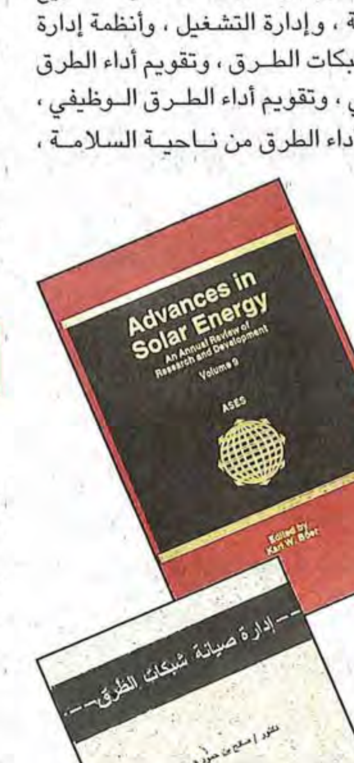
تتناول أبواب الكتاب التي قام بتأليفها نخبة من العلماء البارزين عالمياً في مجال الطاقة : المنزل الشمسي المكتفي ذاتياً بالطاقة في فريبرج (Freiburg) بألمانيا ، ونظم طاقة الرياح المرتبطة بالشبكة الكهربائية الرئيسة ، وعوامل الاستخدام الأمثل للطاقة ، وتكلفة نظم الطاقة الكهروضوئية للاستخدامات المنزلية ، واستخدام الكهرباء : أسس جديدة في تقنيات الطاقة الشمسية ، وإقتصاديات الطاقة الشمسية ، وتطورات تقنية النوافذ لتوفير الطاقة من عام ١٩٧٣م حتى عام ١٩٩٣م ، والبوليمرات الحيوية : تقويم هندسي واقتصادي لصناعة ناشئة .

إدارة صيانة شبكات الطرق

صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب عام ١٤١٥هـ ــ ١٩٩٥م عن دار اللواء للنشر والتوزيع بالرياض ، وهو من تأليف **الدكتور / صالح بن حمود السويلمي** الذي يعمل بأمانة مدينة الرياض .

يقع الكتاب في ٣٦٨ صفحة من الحجم المتوسط، ويتألف من مقدمة ، وأربعة عشر فصلاً ، وثلاثة ملاحق .

تتناول فصول الكتاب بالترتيب : الإدارة ودورها في تحديد الأهداف واتخاذ القرارات ، وإدارة المؤسسات والمشاريع الهندسية ، وإدارة التشغيل ، وأنظمة إدارة صيانة شبكات الطرق ، وتقويم أداء الطرق الإنشائي ، وتقويم أداء الطرق الوظيفي ، وتقويم أداء الطرق من ناحية السلامة ، وتحديد الأولويات ، وتصميم إضافة الطبقة الأسفلتية ، والأطر العامة لنظم إدارة صيانة الطرق ، وإدارة معدات صيانة الطرق ، وسلامة المرور في مناطق العمل ، وإدارة صيانة الجسور ، والتقنية الحديثة وإدارة صيانة الطرق . واشتملت الملاحق الثلاثة بالترتيب على تعاريف ، واختصارات ، وأسماء هيئات مهنية وعلمية ذات علاقة بالموضوع .



منظفات البيئة

صدرت الطبعة الأولى من هذا الكتاب عام ١٩٩٥م عن الدار العربية للنشر والتوزيع بالقاهرة ، وهو من تأليف **الدكتور / أحمد عبد الوهاب عبد الجواد** ، جامعة الزقازيق ، جمهورية مصر العربية .

جاء الكتاب في ٢٧٢ صفحة من الحجم الصغير ، ويشتمل على تقديم ، ونبذة عن المؤلف ، ومقدمة الناشر ، ومقدمة عن منظفات البيئة ، وعشرة أبواب تتناول بالترتيب الموضوعات التالية : منظفات الهواء ، ومنظفات المياه العذبة ، ومنظفات البيئة من ثاني أكسيد الكربون ، ومنظفات البيئة من الأشعة فوق البنفسجية ، ومنظفات البيئة من الحيوانات الضعيفة والمريضة ، ومنظفات البيئة من القمامة ، ومنظفات البيئة من براز وبول الإنسان وروث المواشي والحيوانات والدواجن ، ومنظفات البيئة من المركبات العطرية والبترولية والعضوية النيتروجينية والنترات والنيتريت ومن مياه المجاري والمبيدات ، ومنظفات البيئة من الآفات ، ومنظفات البيئة من الإنسان .

بحوث علمية

محطة ضخ وتحلية المياه الجوفية المالحة بالطاقة الشمسية بسدوس

قام معهد بحوث الطاقة بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ـ في أوائل عام ١٤١٤هـ ـ بالتعاون مع مختبرات الطاقة المتجددة بالولايات المتحدة الأمريكية بتصميم وتنفيذ أول محطة في المملكة العربية السعودية لضخ وتحلية المياه الجوفية المالحة، وقد اختيرت الطاقة الشمسية لتوفير الطاقة الضرورية اللازمة لتشغيل المحطة لعدة عوامل أهمها وفرة الإشعاع الشمسي في المملكة بمعدلات عالية على مدار السنة، وبُعد الشبكة الكهربائية الرئيسة عن المحطة وما يتبع ذلك من تكاليف عالية لإيصال التيار الكهربائي إليها، فضلاً عن التفوق النوعي للخدمات التي توفرها الطاقة الشمسية في المناطق النائية مقارنة بمحركات الديزل. وقد روعي في تصميم المحطة استخدام معدات وتجهيزات تقنية متوفرة في السوق المحلية لإطالة العمر الافتراضي للمحطة لفترة تتراوح بين ٢٥ إلى ٣٠ سنة.

● أهداف المشروع

تتمثل أهداف المشروع بصفة أساس في تأمين المياه الصالحة للشرب في المناطق النائية وذلك للمساهمة في زيادة نوعية الخدمات الضرورية للمواطنين، إضافة إلى إجراء دراسات هامة تتعلق بالجدوى الفنية والاقتصادية للنظم الكهروضوئية لتطبيقات مشابهة، والحجم والتصميم الأمثل للنظم الكهروضوئية لهذا التطبيق، والأداء العام للمحطة وإمكانية تعميمها على مواقع أخرى.

● مراحل المشروع

تمثلت أهم مراحل المشروع فيما يلي :

* قيام الباحثين في معهد بحوث الطاقة بالمدينة بزيارات ميدانية إلى أكثر من ٢٥ موقعاً للتعرف عن كثب على أفضل مواصفات لمواقع الآبار حيث يشترط فيها توفر مساحة كافية لتركيب التجهيزات الكهروضوئية، وعدم وجود موانع تحجب أشعة الشمس مثل المباني المرتفعة أو أشجار النخيل العالية.

* تحليل عينات مياه الآبار لمعرفة نوعية الأملاح وتركيزها واختيار طريقة المعالجة المناسبة لها، والتأكد من خلوها من المواد الضارة بالصحة، لاستبعاد مجموعة الآبار غير الصالحة أحيائياً.

الكركم وسرطان القولون

أظهرت دراسة حديثه أن إضافة الكركم (CURCUMIN) - أحد التوابل — للطعام زيادة على أنه يكسب الطعام اللون الأصفر المعروف والنكهة فإنه يوقف انتشار سرطان القولون .

لاحظ **باندارو ريدي** (Bandaru S.Reddy) عالم التغذية بالمؤسسة الأمريكية للصحة في نيويورك أن المناطق التي يستخدم فيها الكركم كأحد التوابل في الغذاء - خاصة في آسيا لتلوين الكري (Curry) - تسجل دائماً حالات نادرة لسرطان القولون بين السكان . إضافة لذلك يذكر **روبرت مكاليب** (Robert McCaleb) رئيس مؤسسة أبحاث الأعشاب بكلورادو، إن الكركم اكتسب منذ القدم — خاصة في الهند — مكانة خاصة بين الناس كعلاج لآلام المفاصل والأورام . وبسبب أن الأسبرين وغيره من مضادات الالتهابات غير الاستيرودية (Non Steroidal Anti-Inflammetry Drugs - NAID)

قد اتضح أثرها في مقاومة سرطان القولون في بعض حيوانات التجارب. فإن بعض التجارب تتجه الآن إلى تكوين علاقة مباشرة بين استعمال تلك المضادات وانخفاض حالات السرطان في الإنسان ، ومن ضمن هذه التجارب قام **ريدي** بدراسة أثر الكركم — كأحد مضادات الالتهابات غير الاستيرودية — على تطور سرطان القولون .

تتلخص التجربة التي قام بها **ريدي** ومجموعته بتعريض ٦٦ فأراً لسرطنات قولون قوية ، بعدها أخضع ٣٠ فأراً منها إلى نظام غذائي يحتوي على الكركم بمعدل ألفي جزء من مليون بينما أخضعت بقية الفئران (٣٦فاراً) إلى نفس النظام دون إضافة الكركم . وبعد عام من استمرار التجربة بلغت نسبة الإصابة بالسرطان للفئران التي لم تتناول الكركم ٨١٪ مقارنة بـ ٤٧٪ للفئران التي تناولت الكركم . كما أن أحجام الأورام السرطانية كانت صغيرة بالنسبة للفئران التي تناولت الكركم ، بالإضافة لذلك انتشر ٣٨٪ من الأورام السرطانية في الفئران التي لم تتناول الكركم بمعدل الضعف مقارنة بأورام نظيراتها التي تناولته .

وقد أظهرت دراسة **ريدي** أن الكركم قد أدى إلى تناقص كمية الهرمونات التي لها علاقة بالالتهابات في كل من الأورام وسرطان القولون. وعليه يرى ريدي أن الكركم يلعب دوراً هاماً في آلية مضادات الالتهابات . ويضيف **ريدي** أن الكركم يختلف عن مضادات الالتهابات غير الاستيرودية الأخرى في أنه ليس له آثار جانبية عندما يتم أخذه بنفس الجرعة التي تؤخذ بها تلك المضادات .

المصدر : Science News, Feb. 1995, Vol.147, P72.

أسبرين لايضر بالمعدة

يبدو أن الباحثين في طريقهم لإيجاد وسيلة تمنع الأسبرين من التسبب في آلام المعدة والأمعاء عند بعض الأشخاص دون التأثير على مفعوله كعقار ضد الالتهابات وتجلط الدم .

يذكر **لينارد ليشتنبرغر** (Lenard Lichtenberger) أخصائي علم وظائف الأعضاء بكلية طب هيوستن في ولاية تكساس الأمريكية أن الأسبرين مثله مثل عقاقير الالتهاب غير الاستيرودية الأخرى له آثار جانبية تتمثل في إحداث تهيجات بالمعدة والأمعاء بسبب أثره الحامضي. ويستدرك **ليشتنبرغر**، أن الأثر الحامضي للأسبرين يمكن التغلب عليه سواء كان عن طريق تغليفه أو تحييد (Buffering) تأثيره ولكن ذلك يقلل من فعاليته العلاجية.

وتشير دراسة أجراها **ليشتنبرغر** أن الأسبرين يؤثر على الغشاء المخاطي — عبارة عن غلاف لزج - الذي يحمي القناة الهضمية من التقرح ، لأن الأسبرين يتفاعل مع اللبيدات الفسفورية (Phosph-lipids) الموجودة في الغشاء المخاطي فيجعله أقل مقاومة لأثر الأحماض والماء .

وللتغلب على هذا الأثر قامت مجموعة **ليشتنبرغر** بخلط الأسبرين مع اللبيدات الفسفورية المستخلصة من المعدة ، ثم قاموا بدراسة تأثيره على فئران التجارب ، فأظهرت التجربة أن الأسبرين المركب مع اللبيدات الفوسفورية أقل تأثيراً — وبدرجة عالية — في إحداث تقرحات في المعدة ، وذو كفاءة أعلى في علاج الالتهابات مقارنة بالأسبرين العادي . إضافة لذلك فإن عقاقير الالتهابات غير الاستيرودية الأخرى (NAID) يمكن خلطها باللبيدات الفسفورية لتحدث نفس الأثر الذي أحدثه الأسبرين المركب، ويضيف **ليشتنبرغر** أن الأسبرين المركب يذوب في الدهون أكثر من الأسبرين العادي، ولذلك فإنه يصل أسرع إلى الغشاء المخاطي ولايحدث به ضرر.

وحيث أن اللبيدات الفسفورية المستخلصة من الأمعاء باهظة الثمن فإن **ليشتنبرغر** ومجموعته أستبدلوها بلبيدات فسفورية مستخلصة من فول الصويا ووجدوا أنها تصلح لتصنيع الأسبرين المركب وبتكلفة أقل .

لاشك أن انجازاً كهذا يستحق الإشادة ، ولكن يبقى سؤال هام يتمثل في أثر الأسبرين المركب على تجلط صفائح الدم ، حيث أن الأسبرين يستخدم كعلاج لتجلط الدم، وهذا ما سوف تجيب عليه نتائج تجارب **ليشتنبرغر** ومجموعته في القريب العاجل إن شاء الله .

المصدر : Science News, Vol. 147 , Feb. 1995 , P. 109.

الإنذار المبكر لتسربات الزيت

تشكل مسألة الإكتشاف المتأخر لتسربات الزيت مشكلة في كيفية التغلب على الآثار الناجمة عنها، إذ أنه عند رؤية البقع الزيتية يكون التسرب قد فعل فعله بإحداث اضرار بالغة بالبيئة التي تسرب فيها وما حولها . وللتغلب على هذه المشكلة قامت مجموعة علماء برئاسة **كريس براون** (Chris W. Brown) عالم الكيمياء بجامعة رود ايلند بالولايات المتحدة الأمريكية بتطوير جهاز حساس يمكنه الإستشعار عن بعد وبطريقة مبكرة لأي تسرب نفطي حتى ولوكان ضئيلاً . يستخدم هذا الجهاز طرف دقيق من ألياف بصرية مصنوعة من هاليدات الفضة (Silver Halides) بالإضافة إلى مصدر للضوء وجهاز لقياسه .

عند ظهور التسرب يتلامس الزيت مع سطح الألياف الموجودة في الجهاز الذي يقوم برصد مصدره بوساطة حاسب آلي متصل بجهاز تحليل كيميائي يحدد نوع الزيت المتسرب عن طريق مقارنتها بصفات زيوت محددة سلفاً في الجهاز .

يمكن وضع الجهاز عن بعد للإكتشاف المبكر لتسربات الزيت في محطات الطاقة الكهربائية ، وناقلات النفط ، ومصافي البترول ، والأنهار ومصادر المياه الجوفية .

المصدر
Science News, Feb. 1995, Vol. 147, P112.



أعزاءنا القراء

أهـلا ومرحبـاً بكم مع هـذا العدد الجديـد من مجلتكم التي نحـرص دائماً على أ
مـورداً للعلم ، وأن تخرج إليكم ومن أجلكم أنيقة وافيـة . مـؤكدين للجميع أن كل ال
مهما عظمت ومهم نال مقدميها من نصب لايسـاوي شيئاً أمـام تلك المشاعـر النبيل
تمدنـا بالمزيـد من الدعم والمزيـد من الصبر والمزيـد من الرضـا لتكون المحصلـة الن
الاستمرار في بذل المزيد من العطاء.

*** الأخ / سيراج سعيد ـ وادي الدواسر**

المقال الذي بعثت بـه بعنوان (المفاعلات الذريـة الهائلة وطـاقات الإشعـاع) لاتنطبق عليـه شروط النشر ، مقـدرين لك اجتهـادك ومشاركتك ، وشكراً لك .

*** الأخت / قادرية سعاد ـ الجزائر**

نقـدر لك اهتمامك بـالمجلة ، ويسعـدنـا تواصلك معها ، وقـد اطلعنا على المقال المرفق بـرسـالتك بعنـوان "الطـاقـة الشمسيـة" ووجـدنا أنـه لايتفق مع منهاج النشر الـذي حـددتـه المجلـة ، مع أطيب التمنيـات لك بالتوفيق.

*** الأخ / بوجبير العياشي ـ الجزائر**

أولاً : يـا أخانـا الكريم كنـا نتمنى منك أن تكتب رسـالتـك بـاللغـة العـربيـة بـدلاً من الإنجليزيـة لأنك عربي تخاطب عـرباً ، ثـانياً : مجلـة العلـوم والتقنية مجلـة علميـة فصليـة تصدر كل ثـلاثة أشهـر بواقع أربعـة أعداد في السنــة ويتم تــوزيعهــا على جميع المدارس المتوسطة والثانـوية بنين وبنات داخل المملكة ، بـالإضـافة إلى جميـع الجامعات السعـوديـة ومراكـز الأبحاث كـذلك يتم إرسالها إلى جميع الجامعات ومراكز الأبحـاث والهيئات العلمية في جميع أرجــاء الـوطن العـربي ، وهـي لاتبـاع بالخارج ، وشكراً لك .

*** الأخ / مشير نور الدين ـ الجزائر**

تأكد أننا نسعد جداً بخدمة جميع شباب الأمـة العــربيـة ، وثق أننـا لـن ننس أحـداً وسنعمل بإذن الله وعـونه على تحقيق جميع طلبات الأخوة القراء وخاصة خارج المملكة ،

أما اقتراحـك بأن تقدم مواضيـع نع
كل الجامعـات والمعاهـد في المشرق ال
فـلا نرى أن ذلك يـدخل ضمن اختص
المجلـة ، ولايتفـق وأسلـوبها وسيـ
ومنهــاجهــا، أخيراً نشكــرك على
المفعمـة بالثنـاء والتقـدير ، وتقبل
تحياتنا .

*** الأخت / فاطمة علي الجاهل ـ الق**

لايـوجـد اشتراك رسمي في المجل
تاريخه ، نرجو تزويـدنا بعنوانك لإ
يتوفر من أعداد المجلة إليك، ولك تح

*** الأخ / فالح بن مفلح الحربي ـ ال**

نقدر لك مشـاعرك الطيبـة تجا
أمـا كيفيـة صــدور المجلـة ، فهي
تصدر كل ثلاثة أشهر بواقع أربعة
السنـة فقط ، ولايوجـد اشتراك رس
تــاريخه ، أي أننـا نحـــاول دائم
إمكـانـاتنـا تـوفيرهـا لكل الحري
اقتنائها أمثالك، مع تمنياتنا لك بالت

*** الأخ / بن دكن محمد ـ الجزائر**

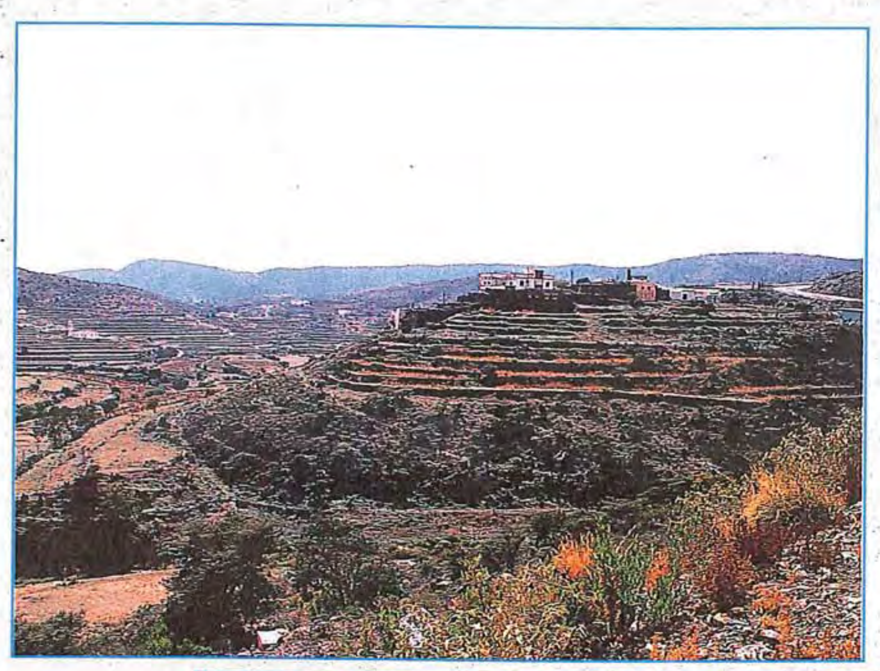
نحن بدورنـا نحييك من أرض
ونحيي جميع إخــواننــا الكــرا
الجزائر، وفي جميع أرجـاء الـــوطن
الكبير. أمـا ما نقـدمه لك ولغيرك
فليس إلا أقل القليل وأبسط أنواع ا

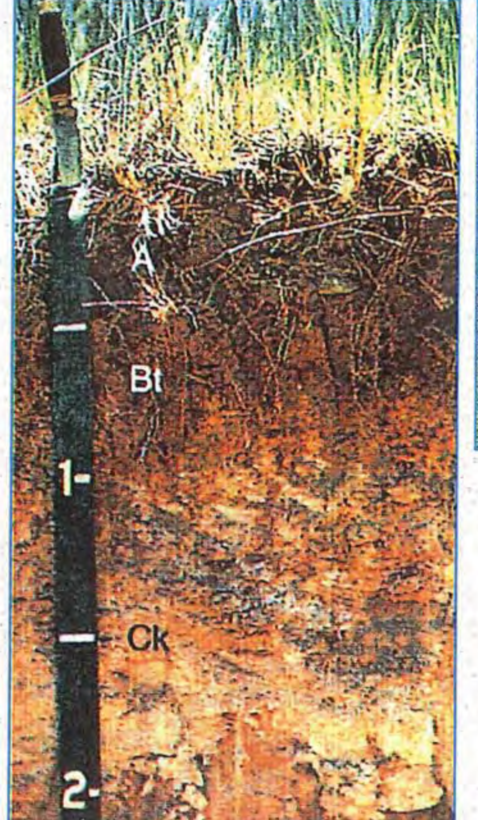
*** الأخ / عارف محمد عوض ـ سور**

كما ذكرت يـا أخانا ، الكمال ل
ونحن هنـا في مجلة العلـوم والتق
بك وبكل أشقـائنا في ســوريا الح
مدينة الملك عبد العـزيز للعلوم وا

في
العدد المقبل

الأراضي الزراعية







وكيل التوزيع : الشركة السعودية للتوزيع
Saudi Distribution Co.
ص.ب ٥٥٢٠٢ الرياض ١١٥٢٤
هاتف ٤٧٧٩٤٤٤

مطابع الشرق الأوسط ٤٠٢٧٦٣٣



النظم الكهروضوئية (ص ١٤)